

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE

PRESENTE A

L'UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN PSYCHOLOGIE

PAR

CHARLOTTE THELLEND

MESURE DE LA FATIGUE MENTALE PAR
LE SYSTEME OCULO-MOTEUR

JUILLET 1981

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.



Université du Québec à Trois-Rivières

Fiche-résumé de travail de recherche de 2e cycle

☒ Mémoire

☐ Rapport de recherche

☐ Rapport de stage

Nom du candidat: Charlotte Thellend

Diplôme postulé: Maîtrise en psychologie

Nom du directeur
de recherche: Michel A. Volle, Ph.D.

Nom du co-directeur
de recherche (s'il y a lieu):

Titre du travail
de recherche: Mesure de la fatigue mentale par
le système oculo-moteur

Résumé:★


Ce travail présente une nouvelle approche pour mesurer une fatigue mentale par la motricité oculaire. A partir d'un indice connu, le test de fréquence de fusion critique visuelle, il a été possible d'évaluer le test de l'analyse des saccades et de la poursuite visuelle comme des outils valables, capables de fournir des données objectives et fiables sur la fatigue mentale. Cependant, ces tests demandent encore des modifications pour qu'ils soient plus sensibles.

Le concept de fatigue mentale tel qu'utilisé dans cette recherche, se définit par un état de déséquilibre dynamique consécutif à un effort mental et qui a pour conséquence une diminution du pouvoir fonctionnel de l'individu.

La présente étude, effectuée sur quatre groupes de sujets soumis à différents types de tâche mentale, montre que, sous l'effet de la fatigue, certaines caractéristiques visuelles mesurées au niveau des mouvements oculaires saccadiques, subissent des modifications telles que augmentation du temps de réaction complexe et du temps de réaction saccadique, diminution de la vitesse moyenne et de la précision du geste oculaire. Cependant, les résultats obtenus n'indiquent pas de différence significative au niveau de l'amplitude moyenne et du temps de mouvement.

En ce qui concerne la poursuite visuelle, les résultats observés ne montrent pas de changement significatif pour les paramètres vitesse moyenne de déplacement de l'oeil, nombre de saccades et de mouvements lents.

Par ailleurs, les résultats indiquent que certains groupes semblent plus affectés par la fatigue que d'autres. Ce phénomène pourrait être attribuable à la charge mentale inhérente à la tâche de travail.



Signature du candidat

Date: 28 juillet 1981



Signature du directeur de recherche

Date: 28 juillet 1981

Signature du co-auteur (s'il y a lieu)

Date:

Signature du co-directeur (s'il y a lieu)

Date:

Sommaire

Ce travail présente une nouvelle approche pour mesurer une fatigue mentale par la motricité oculaire. A partir d'un indice connu, le test de fréquence de fusion critique visuelle, il a été possible d'évaluer le test de l'analyse des saccades et de la poursuite visuelle comme des outils valables, capables de fournir des données objectives et fiables sur la fatigue mentale. Cependant, ces tests demandent encore des modifications pour qu'ils soient plus sensibles.

Le concept de fatigue mentale tel qu'utilisé dans cette recherche, se définit par un état de déséquilibre dynamique consécutif à un effort mental et qui a pour conséquence une diminution du pouvoir fonctionnel de l'individu.

La présente étude effectuée sur quatre groupes de sujets soumis à différents types de tâche mentale, montre que, sous l'effet de la fatigue, certaines caractéristiques visuelles mesurées au niveau des mouvements oculaires saccadiques, subissent des modifications telles que augmentation du temps de réaction complexe et du temps de réaction saccadique, diminution de la vitesse moyenne et de la précision du geste oculaire. Cependant, les résultats obtenus n'indiquent pas de différence significative au niveau de l'amplitude moyenne et du temps de mouvement.

En ce qui concerne la poursuite visuelle, les résultats observés ne montrent pas de changement significatif pour les paramètres vitesse moyenne de déplacement de l'oeil, nombre de saccades et de mouvements lents.

Par ailleurs, les résultats indiquent que certains groupes semblent plus affectés par la fatigue que d'autres. Ce phénomène pourrait être attribuable à la charge mentale inhérente à la tâche de travail.

Table des matieres

Introduction.....	1
Chapitre premier - Contexte théorique et expérimental....	5
La fatigue.....	6
Les mouvements oculaires.....	11
La charge mentale.....	19
Tâche des sujets.....	25
Hypothèses.....	31
Chapitre II - Description de l'expérience.....	33
Sujets.....	34
Appareils d'expérimentation.....	37
Description des sous-tests.....	44
Description des différentes caractéristiques des mouvements saccadiques mesurés.....	48
Chapitre III - Analyse des résultats.....	57
Méthodes d'analyse.....	58
Résultats.....	60
Interprétation des résultats par groupe.....	95
Chapitre IV - Discussion des résultats.....	106
Conclusion.....	121

Appendice A - Résultats individuels.....	126
Remerciements.....	151
Références.....	152

Introduction

Au premier abord, la notion de fatigue semble assez claire. Cependant, lorsqu'on l'étudie plus en profondeur, on s'aperçoit qu'elle représente un phénomène assez complexe. En premier lieu, la fatigue apparaît à la suite d'un effort et elle se distingue par son caractère de réversibilité. On peut définir une fatigue générale comme un état de déséquilibre dynamique, ayant pour conséquence la diminution fonctionnelle de l'individu (Volle et al., 1978).

C'est à cette définition d'une fatigue générale qu'on peut rattacher le phénomène de fatigue mentale. En effet, la fatigue mentale constitue un aspect de la fatigue générale et elle est consécutive à un effort mental.

Selon certains auteurs (Ohtani, 1971; Volle et al. 1978), toute fatigue se généralise, aussi est-il possible d'en obtenir une mesure objective puisqu'elle affecte tous les systèmes.

Cependant, l'évaluation d'une fatigue pose toujours un problème. En effet, jusqu'à aujourd'hui, différents types de méthodes physiologiques ont été utilisées pour mesurer une fatigue. Cependant, on réalise que tous ces tests renseignent plus sur l'état d'un système que sur le phénomène de la fatigue

dans son ensemble.

Volle et Brisson (voir Picard, 1978), dans leurs recherches sur la mise au point de techniques de mesure de la fatigue, ont mis en évidence l'étude du système visuo-oculo-moteur. Il semble, d'après Volle (voir Picard, 1978), que ce système et plus précisément les mouvements oculaires, soient une des mesures les plus fiables et les plus objectives pour quantifier une fatigue.

En considérant que le système visuo-oculo-moteur est l'un des systèmes les plus sollicités, du fait qu'au moins 40% de l'information sur le monde extérieur nous parvient par celui-ci, et des plus sensibles, il devient alors bien représentatif d'un état de déséquilibre. En effet, sous l'influence de la fatigue, il est possible d'observer des variations au niveau de certains paramètres de l'appareil visuo-oculo-moteur.

De plus, ces derniers présentent aussi l'avantage d'être assez simples à mesurer et ils permettent d'enregistrer toute une série de données offrant des mesures objectives et quantifiables.

Au cours de cette recherche, les concepts de tâche mentale, ainsi que de charge mentale seront abordés, car ils sont difficilement dissociables du phénomène de la fatigue

mentale. En effet, il semble que la fatigue mentale soit proportionnelle à la charge mentale que renferme la tâche en elle-même (Kalsbeck, 1971).

Si on se réfère au contexte dans lequel nous vivons présentement, il est possible d'observer que les tâches de travail sont de plus en plus informatisées et automatisées. Aussi, elles exigent de l'individu un effort mental continu, conduisant souvent à un état de fatigue mentale difficilement récupérable. Ainsi, il est important d'étudier cette fatigue de façon plus spécifique et les conséquences qu'elle a pour l'individu, afin d'en arriver à susciter de l'intérêt pour l'amélioration de l'organisation du travail, la répartition des tâches ainsi que l'organisation rationnelle du régime des cycles travail-repos, etc...

L'hypothèse de base de cette recherche repose sur le fait qu'une tâche mentale sollicitant une grande implication de la part du sujet en terme de charge mentale, va se traduire par des modifications de certaines caractéristiques mesurées au niveau des mouvements oculaires, tels que la précision du geste oculaire, la détection des signaux lumineux, le temps de réaction, la durée du mouvement ainsi que l'amplitude et la vitesse du mouvement saccadique et des mouvements oculaires de poursuite.

Chapitre premier

Contexte théorique et expérimental

Le but de la recherche est de quantifier et de mesurer par les mouvements oculaires et la fréquence de fusion critique visuelle, une fatigue engendrée par une tâche mentale.

La fatigue

Avant de présenter les différentes définitions attribuées à la fatigue, il serait préférable de faire une distinction entre les concepts de fatigue mentale, d'asthénie et de vieillissement.

D'une façon générale, ces trois états, fatigue mentale, asthénie et vieillissement, sont considérés comme l'affaiblissement d'un organe ou d'un système avec pour conséquence l'affaiblissement de la mémoire, de la difficulté à fixer l'attention, ainsi qu'un ralentissement conscient du travail intellectuel. La différence réside au niveau des causes. En effet, la fatigue fait suite à un effort, tandis que l'asthénie est une fatigue sans cause immédiate. En ce qui concerne le vieillissement, la fatigue se distingue de cet état par son caractère de réversibilité.

La littérature donne un large éventail des types de fatigue. En effet, il existe plusieurs types de fatigue,

tels que fatigue physique et musculaire, fatigue psycho-sensorielle, où se retrouvent la fatigue visuelle et auditive et la fatigue mentale ou nerveuse.

A l'intérieur de cette recherche, la fatigue mentale sera étudiée de façon plus spécifique. Il existe présentement très peu de recherches sur la fatigue mentale et pourtant, c'est un état que la plupart des individus peuvent éprouver d'une façon assez régulière.

En effet, il est possible de remarquer qu'aujourd'hui le travail moderne demande de moins en moins d'effort musculaire. Il est plutôt axé sur des problèmes de prise d'information et de décision. Les tâches répétitives y sont nombreuses, entraînant monotonie et ennui. Ces derniers aspects se retrouvent aussi dans le travail à la chaîne. Certains auteurs, comme Bugard (1974), parlent alors de sur-stimulation et de sous-stimulation qui risquent de détériorer la prise d'information.

En considérant de plus que le travail moderne n'offre pas assez de temps de récupération, cet état de fatigue risque de s'aggraver. Il est possible alors de voir apparaître une fatigue dite chronique (Volle et al., 1978), qui se définit comme une fatigue engendrée par un travail régulier où l'effort à fournir se répartit sur une longue période de temps.

Il existe présentement différents types de mesures utilisées pour évaluer la fatigue objective, tels que les tests respiratoires et cardio-vasculaires, les mesures des réactions adrénosympathiques et métaboliques, l'électro-encéphalogramme et la fréquence de fusion critique. Ces méthodes ne donnent pas toujours une mesure précise et fiable. Elles renseignent plutôt sur l'état d'un système en particulier et sur ces variations que sur la fatigue en elle-même (Cazamian, 1973).

Une méthode de mesure de la fatigue doit tenir compte du mécanisme neuro-physiologique de l'excitabilité. Aussi, certaines de ces méthodes, à l'exception de la fréquence de fusion critique, n'en sont pas préoccupées. Par conséquent, cela semble traduire que les possibilités pour mesurer la fatigue demeurent restreintes.

D'autre part, une autre difficulté réside dans le fait de définir la fatigue. Il a été souligné précédemment qu'il existe plusieurs types de fatigue, mais est-il possible d'avoir une définition globale de la fatigue?

De nombreuses définitions sont proposées, par contre, elles ne possèdent pas toujours de signification scientifique spécifique, ou encore elles sont trop restrictives.

En fait, bon nombre d'auteurs en parlent surtout comme d'un ensemble de phénomènes associé à la diminution

ou à la perte d'efficacité, ou encore d'une baisse de performance. Ici, il est important de préciser que la grève dans un milieu de travail et la fatigue ne sont pas synonymes, même si elles égalent dans les deux cas une baisse de performance.

Grandjean (1968) a proposé une conception neuro-physiologique de la fatigue basée sur l'antagonisme qui existe entre la formation réticulée activatrice (éveil-cortex) et le système inhibiteur de l'activité corticale. En gardant les principes de base de cette théorie, il est possible d'affirmer que le système activateur joue un rôle sur l'attention du sujet. En effet, lors d'une nouvelle tâche à caractère stimulant, le système activateur peut dissimuler la fatigue du sujet en augmentant l'attention ou encore en réhabilitant le niveau de veille ou de vigilance. Inversement, le même phénomène se produit sous l'influence d'un travail monotone, routinier. Le système inhibiteur du cortex diminue les feedback corticaux et, par conséquent, engendre une autre forme de fatigue qui est l'ennui.

D'autre part, une recherche de Kogi et Saito (1971) chez les contrôleurs de trafic dans les chemins de fer, nous permet de faire un rapprochement entre les rythmes de l'individu et la fatigue (éveil). Le but de leur recherche était d'établir les diverses phases d'activation des fonctions corticales au cours du nyctémère, à l'aide du test de fréquence

de fusion critique. Ils en distinguent quatre:

- phase d'éveil matinal
- phase intermédiaire de la journée et de la fin du jour
- phase nocturne et de la fin de la nuit
- phase de vigilance diminuée faisant suite à la nuit de travail.

Les résultats de leur test démontrent une similarité entre les phases nocturnes et intermédiaires où les baisses d'activation et de réactivité sont identiques et entraînent une baisse de performance et une perte d'efficacité.

L'ennui engendré par la monotonie du travail que l'on retrouve aux phases nocturnes et intermédiaires, entraîne une baisse de vigilance.

Petrescu (1974), en étudiant la fatigue visuelle en relation avec la fatigue générale, note que toute fatigue locale entraîne un état de fatigue générale qui pourrait être causé par un phénomène d'induction et d'irradiation nerveuse au niveau du cortex.

Toute fatigue se généralise par l'intermédiaire du système nerveux central, ce qui signifie que tous les systèmes biologiques sont affectés. De plus, un déséquilibre

métabolique s'ensuit, qui a pour conséquence des répercussions sur le fonctionnement global de l'individu (Brisson et al., 1977).

La fatigue générale pourrait être définie de manière plus spécifique, comme un phénomène dynamique présentant une certaine désorganisation physiologique (Volle et al., 1978), consécutive à une activité de forte intensité, ou encore d'une certaine durée, avec pour conséquence une diminution du pouvoir fonctionnel de l'individu. Quant à la fatigue mentale, étant difficilement dissociable de la fatigue générale, elle constitue un aspect de celle-ci.

Cette recherche tente de mesurer la fatigue de type mental, généralisée par le système nerveux central, où se font d'abord sentir les premiers effets de fatigue, ainsi que le déséquilibre qu'elle engendre, le système nerveux central étant considéré comme le coordonnateur entre l'organisme et son milieu.

Les mouvements oculaires

Le système visuo-oculo-moteur est considéré comme l'un des systèmes les plus représentatifs de l'état global de l'individu. En effet, en se basant sur le fait que plus de 40% de l'information sur le monde extérieur nous parvient

par la vision, le système visuo-oculo-moteur constitue par conséquent le principal système d'interaction entre l'individu et son environnement (Bugard, 1974).

Nous devons prendre en considération que les yeux sont sollicités, non seulement dans le travail, mais aussi dans la majorité des activités exercées en dehors de celui-ci, telles que la lecture, regarder la télévision, la conduite automobile, etc., toutes ces activités demandent une attention soutenue du fait des signaux visuels à détecter et à traiter.

De plus, le système visuo-oculo-moteur étant l'un des plus sensibles, toute perturbation enregistrée au niveau du système nerveux central entraînera des dérèglements au niveau de la trajectoire des mouvements par l'intermédiaire des signaux de commande neurologique qui les produisent (Bahill et Stark, 1979).

Les saccades sont l'un des différents types de mouvements produits par le système visuo-oculo-moteur. Elles servent à l'exploration visuelle et constituent les mouvements les plus courants que l'oeil exécute dans la vie de tous les jours.

En effet, une personne fait des saccades de façon continue: qu'elle soit en train de travailler, de se reposer,

de lire, de regarder la télévision et ce au rythme d'environ deux par seconde (Bahill et Stark, 1979).

De plus, les mouvements saccadiques sont considérés comme les mouvements les plus rapides du corps. Il s'agit en fait de déplacements brusques des yeux, dans le but d'effectuer des changements du point de fixation afin de ramener l'image sur la fovéa. Cette dernière constitue la zone de projection correspondant à 2° du champ visuel et c'est la région de l'oeil où nous retrouvons le maximum d'acuité visuelle.

L'oeil utilise aussi les saccades pour progresser dans la fixation d'un objet, d'un point à un autre immédiatement voisin (Buser et Imbert, 1975).

Caractéristiques des saccades

Il est relativement simple de mesurer les saccades comparativement à d'autres mouvements du corps. De plus, nous pouvons enregistrer à ce niveau toute une série de données fournissant des mesures objectives et quantifiables.

Les différentes caractéristiques dynamiques des mouvements saccadés de l'oeil varient très peu. Chez un sujet normal ne souffrant pas de fatigue, l'oeil effectue en moyenne deux saccades par seconde. Des saccades de 10° durent environ 38 à 45 ms et leur vitesse de pointe varie entre

420 et 520°/s. (Bahill et Stark, 1979).

A. Relation entre la durée et l'amplitude

Habituellement, il existe une relation linéaire entre la durée des mouvements et l'amplitude. Par contre, lorsqu'il y a fatigue chez le sujet, la relation ne se conserve plus aussi bien, elle n'est pas aussi linéaire.

L'amplitude est déterminée par la durée moyenne de la saccade et l'angle de rotation de l'oeil lors du passage de l'oeil d'un point de fixation à un autre. L'amplitude moyenne ne devrait pas être affectée par la fatigue, car celle-ci peut entraîner des dépassements (over-shoot) aussi bien que des mouvements plus petits (under-shoot) (Bahill et Stark, 1979).

B. Relation entre la vitesse et l'amplitude

La relation entre la vitesse du mouvement et son amplitude n'est pas vraiment linéaire. Cependant, lorsque l'amplitude moyenne des saccades est d'environ 10°, comme il a été vu précédemment, la vitesse se situe alors entre 420 et 520°/s. Elle est considérée comme approximativement proportionnelle.

Pour une saccade dont l'amplitude moyenne est de 20°, la vitesse maximale est de 700°/s. (Bahill et Stark, 1979).

Lorsque le sujet souffre de fatigue, nous remarquons des déviations dans la structure des saccades. Cela est causé par des variations des signaux de commande neurologique des saccades.

Lors d'une saccade, il y a une décharge neuronale à haute fréquence et de courte durée, appelée l'"impulsion". Cette décharge rapide est suivie d'une autre qui est plus lente et soutenue, appelée l'"échelon". Le signal impulsion produit la contraction forte du muscle agoniste qui permet à ce dernier de surmonter les forces visqueuses qui tiennent l'oeil en place, et de conduire l'oeil dans sa nouvelle position. Le signal en échelon a pour rôle de maintenir l'oeil dans sa nouvelle position, en surmontant les forces élastiques, tendant à faire retourner l'oeil à sa position de départ (Bahill et Stark, 1979).

Par conséquent, chez le sujet fatigué, il est possible de remarquer des irrégularités dans les signaux de commande impulsion-échelon. Cela engendre des dépassements saccadés, c'est-à-dire l'oeil dépasse son objectif de fixation final, puis revient en arrière et s'arrête au point désiré. L'oeil peut revenir à sa position finale de trois façons, soit par le dépassement dynamique, soit par le dépassement statique, ou encore par le dépassement glissé (Bahill et Stark, 1979).

Dans le dépassement dynamique, le retour dure environ 20 ms. Dans le dépassement statique, il y a fixation de l'oeil dans une position hors-cible, durant une période de 150 à 200 ms, jusqu'à ce qu'une saccade correctrice vienne corriger cette erreur de position. Quant au dépassement glissé, il est beaucoup plus fréquent lorsqu'il y a fatigue. Le retour de l'oeil dure environ 200 ms et la vitesse de pointe est de $5^{\circ}/s$. (Bahill et Stark, 1979).

Les glissades de l'oeil représentent un autre type de variations saccadées dont la fréquence est augmentée par la fatigue. Elles se produisent lorsque les composantes impulsion-échelon du signal de commande sont mal synchronisées. La précision du geste oculaire diminue et la fréquence des saccades correctrices augmente. Elles se produisent par exemple, dans une situation artificielle de laboratoire, lorsque le sujet a effectué environ 500 saccades de 10° (Bahill et Stark, 1979).

Dans un autre type de saccade appelé saccades chevauchées, il est possible d'observer des signes de fatigue. Les saccades chevauchées sont des saccades doubles qui sont si proches l'une de l'autre, que leur profil de vitesse se recouvre; cela signifie que la vitesse de déplacement du globe oculaire n'a pas le temps de retrouver la valeur zéro avant que ne commence la seconde saccade (Bahill et Stark, 1979).

La fatigue, dans un sens large, conduit à des dérèglements des signaux de commande neurologique et engendre ainsi des variations de trajectoires saccadées (Bahill et Stark, 1979).

Le temps de réaction de l'oeil permet d'évaluer le temps de réponse de l'oeil au déplacement brusque d'une image sur la rétine. Habituellement, chez le sujet normal, le temps de réaction moyen est compris entre 250 et 300 ms. Lorsque le sujet est fatigué, le temps de réaction augmente jusqu'à 20% de plus que celui considéré comme normal. Il semble de plus que le temps de réaction dépendrait aussi de l'amplitude de la saccade à effectuer (Bahill et Stark, 1979).

La poursuite visuelle

Le but du système de poursuite visuelle est de conserver l'image d'un objet sur la fovéa. Deux cas sont à distinguer: dans le premier cas, le sujet est mobile et la cible est fixe; dans le second, le sujet est immobile et la cible est mobile. Le système de poursuite visuelle est différent du système saccadique par son temps de latence qui est de 125 ms, donc plus court que celui du système saccadique (Dell'osso et Daroff, 1978).

Les mouvements lents de poursuite se succèdent correctement en accord avec la vitesse de la cible visuelle à

condition que cette dernière ne dépasse pas 20 à 30°/s (Young, 1971).

Lorsque la vitesse de déplacement de la cible dépasse 30 à 40°/s (vitesse de la cible de 24.70 à 33.54°/s), la plupart des mouvements lents de poursuite sont effectués plutôt par une série de fixations saccadiques que par un mouvement lent de poursuite (Williams et Helfrich, 1977).

Les mouvements lents de poursuite sont évoqués par des cibles se déplaçant à l'intérieur du champ visuel et presque exclusivement par celles-ci (Buser et Imbert, 1975).

Le système de poursuite visuelle diffère de plus du système saccadique par le contrôle constant qu'il exerce par des échantillonnages continus de la vitesse de la cible (Alpern et Arbor, 1972).

Au niveau musculaire, la première phase du mouvement lent de poursuite s'exprime par une contraction brusque de l'agoniste et au niveau neuronal par une accélération de la décharge de type "échelon" (i.e. une augmentation soutenue de la fréquence de décharge). La phase suivante (i.e. le mouvement soutenu de poursuite) s'exprime au niveau musculaire par une contraction progressivement plus intense de l'agoniste (rampe) qui s'accompagne d'une inhibition graduelle de l'activité de l'antagoniste. En même temps, au niveau neuronal,

il se produit une augmentation linéaire de fréquence de décharge (Dell'osso et Daroff, 1978).

Le système de poursuite demande constamment une attention soutenue. Le mouvement lent de poursuite dépend non seulement de la vitesse de la cible, mais aussi de l'attention du sujet.

La fatigue peut influencer les mouvements lents de poursuite. En effet, un sujet fatigué fait plus de saccades qu'un sujet reposé. La fatigue engendre une diminution de l'attention, aussi le sujet n'est plus capable de travailler au maximum. Il va exécuter des saccades pour rejoindre la cible, par conséquent, le nombre de mouvements saccadés va augmenter comparativement au nombre de mouvements lents. Ainsi, sous l'effet de la fatigue, il se produit une baisse des possibilités de poursuite de l'oeil (Bahill et Stark, 1979).

La charge mentale

Des chercheurs tels que Bugard (1974), Kalsbeck (1971) et Othani (1971) se sont penchés sur la fatigue occasionnée par une tâche mentale. D'après eux, cette fatigue est proportionnelle à la charge mentale que contient la tâche.

Divers facteurs contribuent à déterminer la charge de travail. Il faut en distinguer trois types (Leplat, 1978; Sperandio, 1980):

Les facteurs relatifs à la situation de travail

- Les conditions d'environnement physique (éclairage, niveau sonore, ambiance thermique, vibration, altitude, etc...);
- l'aménagement physique du poste de travail et en particulier tout ce qui a trait aux dispositifs de signalisation et à l'évaluation signaux-réponse, les aides au travail (job aids);
- l'organisation du travail: contrainte temporelle, intensité des cadences, degré d'asservissement du rythme individuel au rythme collectif, nécessité d'exécuter des tâches simultanées, rigidité des modes opératoires assignés, le manque d'intérêt ainsi que la diminution de l'autonomie, etc.

Les facteurs relatifs à l'individu

- Le niveau d'apprentissage;
- l'âge dont les conséquences sont multifformes;
- l'état de fatigue, de santé ainsi que les états plus ou moins provisoires liés à des modifications physiologiques (variations du niveau de vigilance principalement, des rythmes circadiens, du cycle menstruel, etc...);

- éventuellement, certains traits de personnalité (anxiété, état émotionnel intra/extraversion, état dépressif ou d'excitation, etc.);
- attitudes devant la tâche; motivations, intérêt ressenti.

Les facteurs sociaux

- Environnement social immédiat (degré d'insertion du sujet dans le groupe de travail; communications avec les autres travailleurs, etc.);
- organisation sociale du groupe;
- les caractéristiques de la vie hors-travail (conditions de logement, conditions familiales, trajet, activités extra-professionnelles...).

Ces facteurs interagissent de façon plus ou moins marquée. Il est difficile d'en dégager une hiérarchie. Cependant, leur influence réelle dépend d'abord de la nature de la tâche elle-même.

Généralement, la tâche mentale se définit par une opération qui entraîne chez l'individu l'utilisation des processus mentaux. Kalsbeck (1971) en parle surtout en terme d'entrée d'information (input) qui, par la suite, entraînera l'enchaînement des processus élémentaires, tels que l'identi-

fication, la prise de décision et le contrôle des émissions. L'entraînement et l'apprentissage permettent à ces mécanismes de fonctionner de manière inconsciente et automatique, mais le déclenchement du processus lui-même exige toujours un choix conscient.

Kalsbeck (1971) prend ce choix conscient comme critère de mesure de la charge mentale. Il constate de plus que le cerveau humain ne peut effectuer qu'une quantité très limitée de choix conscients par minute, soit de l'ordre de 60 à 80. Par conséquent, la charge mentale ne tient pas tant à la complexité de la tâche qu'à la quantité d'information traitée par unité de temps (Bugard, 1974; Ettema et Zielhuis, 1971; Welford, 1959).

Aujourd'hui, dans les tâches de travail, le traitement de l'information constitue l'aspect le plus important de l'activité mentale. De plus, sous l'influence de la fatigue, l'ordre des processus du traitement de l'information s'inverse. Plus la fatigue s'intensifie, plus la désintégration est profonde, on observe alors des retards, des fautes, des maladroitness ainsi que des erreurs (Bugard, 1974).

Il est difficile d'évaluer une charge mentale. Cependant, il est possible de se donner une idée de ce que représente une charge mentale en prenant connaissance de ses caractéristiques; la charge mentale est fonction des demandes

de la tâche, des capacités du sujet, des stratégies utilisées par ce dernier pour remplir les demandes, ainsi que des habiletés du sujet (Welford, 1978).

Il existe quatre types de demandes faites par la tâche: les demandes perceptuelles, les demandes traductrices, les demandes motrices, ainsi que les demandes reposant sur la mémoire. En ce qui touche la mémoire, il est nécessaire de faire une distinction particulière pour les demandes instantanées, c'est-à-dire celles faisant appel aux données disponibles dans la mémoire à court terme (Welford, 1978).

En ce qui concerne les capacités du sujet, cette deuxième caractéristique représente une source de difficulté; en effet, chaque individu ayant sa personnalité propre, les façons utilisées pour accomplir une tâche diffèrent largement d'un individu à un autre. De plus, il est possible d'observer des variations chez le même individu pour l'accomplissement d'une tâche mentale, dépendamment de l'occasion (Welford, 1978).

En ce qui a trait aux stratégies utilisées par un individu pour accomplir une tâche mentale, il en existe trois types (Welford, 1978): codage et programmation, méthodes de recherche ainsi que l'équilibration des facteurs conflictuels tels que la vitesse et la précision ou encore les erreurs

d'omission et de commande.

Selon que le niveau de la charge est évalué par le travailleur comme faible, moyen ou fort, il est possible pour ce dernier d'effectuer des changements de modes opératoires correspondant à des changements de stratégies. Ce comportement répond à la nécessité de maintenir la charge globale à un niveau inférieur à la capacité limite, afin qu'il n'y ait pas de dégradation majeure de la performance évaluée par rapport aux objectifs essentiels de la tâche (Sperandio, 1980).

Cependant, cette disponibilité des modes opératoires différents dépend non seulement de l'apprentissage, mais aussi des conditions de travail.

Définir le terme charge mentale représente une autre difficulté. Bien que ce terme soit fréquemment utilisé dans le langage professionnel, la notion de charge de travail est loin d'être précise.

Monod et Lille (1976) en donnent une définition large. Selon eux, la charge de travail exprime les effets sur l'organisme du poids que l'homme porte sur ses épaules, au propre et au figuré, à l'occasion qui lui permet de vivre et de tenir sa place dans la société en y assumant toutes ses responsabilités, compte tenu de ce qu'il est et du milieu qui l'entoure.

Leplat (1978) propose une définition plus restreinte où la charge mentale se définit par le degré de mobilisation du sujet, la fraction de la capacité de travail qu'il investit dans la tâche.

Sous un concept global, la charge de travail se définit comme une conséquence pour le travailleur de l'exécution de la tâche (Sperandio, 1980). La charge mentale est un type de charge relative au travail intellectuel.

Tâche des sujets

Les principales tâches effectuées par les sujets oeuvrant dans des bureaux sont la dactylographie, le classement, la prise d'appels téléphoniques, la perforation ainsi que la codification.

Ces différentes tâches sont examinées en fonction des exigences relatives à la situation de travail ainsi que des exigences mentales relatives à la tâche de travail en elle-même. Il faut noter cependant que ces exigences de travail sont variables selon le secteur d'activité de l'employée de bureau, ainsi que des normes imposées quant à l'intensité du travail.

Exigences relatives aux tâches de
perforation et de codification

Deux groupes de sujets sont affectés à des tâches de perforation et de codification, soit un groupe oeuvrant au service de comptabilité d'un centre hospitalier et un second employé au département d'informatique d'une université.

La différence entre ces deux groupes réside premièrement au niveau de l'appareillage utilisé pour effectuer le travail, celui des employés de la comptabilité, est de conception moderne, comprenant clavier et écran cathodique; pour le second groupe, l'équipement est de modèle moins récent.

Une autre différence se retrouve par rapport aux données à traiter; pour le premier groupe, elles se composent exclusivement de données propres au service de la comptabilité; par contre, pour le deuxième groupe, la diversité des données à informatiser est plus grande, plusieurs départements de l'université ayant recours à leurs services.

En ce qui concerne les exigences relatives à la situation de travail, elles sont les mêmes pour les deux groupes. Nous remarquons d'abord une contrainte temporelle. En effet, ce travail est axé sur la production. Chaque tâche est effectuée dans une certaine période de temps donnée. L'intensité

des cadences est élevée. De plus, toutes les employées doivent fonctionner au même rythme afin de ne pas entraîner de retard et ce, avec un pourcentage d'erreurs assez bas, car chaque tâche de travail effectuée est vérifiée par une autre employée afin de corriger les erreurs.

En ce qui a trait aux exigences mentales relatives à la tâche de travail en elle-même, il est à noter que ce type de travail, soit la perforation et la codification, exige une très forte sollicitation visuelle du fait des caractéristiques physiques des informations à détecter et à traiter. De plus, la charge de travail est élevée compte tenu de la quantité élevée d'informations traitée par unité de temps. Le niveau de vigilance de chaque individu doit être maintenu à un degré assez élevé afin d'éviter les erreurs.

L'individu doit aussi développer une certaine capacité d'ajuster des stratégies différentes et adéquates selon le niveau de la charge. Cette capacité est relative au niveau d'entraînement de l'employée.

Pour les autres aptitudes requises, il faut souligner la nécessité de posséder une très bonne coordination visuo-manuelle, de la vitesse motrice ainsi qu'une bonne mémoire à court terme et à long terme.

Quant aux conditions de travail, plus précisément les conditions d'environnement physique, tendant à augmenter la charge de travail, elles semblent n'affecter qu'un seul groupe, soit celui oeuvrant dans une université:

- ambiance thermique trop élevée
- bruit trop élevé occasionné par les machines
- éclairage insuffisant et mal réparti.

Pour le groupe comptabilité, les conditions de travail sont meilleures. En effet, l'aménagement de leur bureau leur permet de recevoir la lumière venant de l'extérieur. De plus, l'aération se fait de façon continue. Quant au bruit produit par les machines, il est moins élevé, résultant d'un équipement plus moderne.

Exigences relatives à la tâche de secrétariat

Pour le groupe de sujets affectés à des tâches de dactylographie, il faut souligner qu'elles ne font pas de perforation ni de codification. Leurs principales tâches consistent à faire de la dactylographie, à répondre aux appels téléphoniques ainsi qu'aux gens se présentant à leur bureau. A l'occasion, elles font du classement. Cependant, il faut noter qu'elles ont souvent à se déplacer physiquement au cours d'une journée afin d'effectuer des photocopies ou encore chercher le courrier.

En ce qui concerne les exigences relatives à la situation de travail, elles subissent aussi une contrainte temporelle du fait qu'elles ont à exécuter de nombreux travaux de dactylographie et en dépit du fait qu'elles sont dérangées souvent par les appels téléphoniques et par les gens venant à leur bureau. De plus, ce groupe de travail ne prend qu'une seule pause au cours de la journée. Elles travaillent de façon continue jusqu'à l'heure du midi et reprennent au début de l'après-midi jusqu'à la fermeture du bureau.

Quant aux exigences mentales relatives à la tâche de travail, la charge de travail semble assez élevée compte tenu, non seulement du nombre d'informations à traiter par unité de temps, mais aussi par la très forte sollicitation visuelle. En ce qui a trait aux aptitudes requises, il faut retenir l'aptitude verbale, la concentration, l'attention, la coordination visuo-manuelle, la vitesse motrice, ainsi qu'une bonne mémoire à court terme et à long terme.

En ce qui concerne les conditions de travail, soit celles de l'environnement physique, elles sont acceptables. L'éclairage est suffisant et bien réparti. L'ambiance thermique est de niveau acceptable, sans climatisation, mais avec possibilité d'aération par de grandes fenêtres. Quant au bruit, il n'est pas trop élevé, occasionné en partie par des machines à écrire et le téléphone.

Exigences relatives au test d'aptitudes professionnelles,
Batterie factorielle d'aptitudes pour adultes (B.F.A.A.)

Pour cette épreuve intellectuelle, il faut souligner qu'elle est construite selon un ordre de difficulté croissant et qu'elle doit être exécutée dans une limite de temps bien précise. Elle nécessite par conséquent un effort mental intense, réparti sur une courte période de temps.

De par ses exigences mentales, elle se rapproche de celles requises pour les employés de bureau du fait de la grande quantité d'informations à traiter par unité de temps. De plus, le B.F.A.A. fait appel à certaines aptitudes relatives à celles mentionnées précédemment, telles que la concentration, l'attention, la vitesse motrice, la coordination oeil-main ainsi que la mémoire.

Les conditions physiques, à l'intérieur desquelles s'est déroulée la passation, étaient très appropriées. En effet, le local utilisé permettait de recevoir un éclairage suffisant de l'extérieur. L'ambiance thermique était modérée et aucun bruit extérieur ne parvenait aux sujets.

La tâche, dans ce dernier cas, était inhabituelle et de durée limitée pour les sujets. En effet, la durée de la passation était d'une heure trente environ. Immédiatement

après, ces mêmes sujets furent soumis au test d'oculomotricité.

Cependant, il ne faut pas oublier qu'à l'opposé des autres groupes examinés, les sujets du B.F.A.A. furent les seuls à devoir exécuter une tâche très courte mais dont l'effort mental à fournir était intense.

Hypothèses

L'hypothèse de base de cette recherche repose sur le fait qu'une tâche mentale sollicitant une grande implication de la part du sujet, en terme de charge mentale, va se traduire par des modifications de certains paramètres au niveau de l'appareil visuo-oculo-moteur tels que:

- Baisse de la fréquence de fusion critique visuelle du sujet variant autour de 2 à 3 hertzs.
- Augmentation du temps de réaction oculo-moteur.
- Diminution de la capacité de détection et de mémorisation des stimuli visuels.
- Augmentation du temps de réaction saccadique pouvant aller jusqu'à 20%, ainsi que la dispersion des temps de réaction.
- Augmentation du temps de mouvement saccadique ainsi que de la dispersion des temps de mouvement.

- L'amplitude moyenne des mouvements saccadiques ne devrait pas être affectée par la fatigue. Ainsi que la dispersion de l'amplitude des mouvements saccadiques.
- Diminution de la précision du geste oculaire, estimée par la baisse du coefficient de corrélation entre la position de l'oeil à la fin de la première saccade et la position du stimulus, ainsi que par les six critères de classification du geste oculaire:
 1. diminution du pourcentage d'arrêts du mouvement oculaire sur la cible,
 2. augmentation du pourcentage d'arrêts du mouvement oculaire avant la cible,
 3. augmentation du pourcentage d'arrêts du mouvement oculaire après la cible,
 4. augmentation du pourcentage d'arrêts du mouvement du mauvais côté de la cible,
 5. augmentation du pourcentage des temps de réaction trop longs (dépassant 500 ms), entraînant l'échec de l'essai,
 6. augmentation du pourcentage des temps de mouvement trop longs, entraînant également l'échec de l'essai.

- La vitesse moyenne des saccades devrait baisser avec la fatigue du sujet, tandis que l'écart-type de vitesse devrait augmenter.
- Au cours de la poursuite visuelle:
 - . le pourcentage de saccades (mouvements oculaires dont la vitesse est supérieure à $63^{\circ}/s$) devrait augmenter avec la fatigue du sujet,
 - . le nombre de mouvements lents devrait diminuer après la tâche,
 - . les vitesses moyennes enregistrées au cours des trois tests de poursuite lente devraient diminuer lors de la deuxième passation, s'éloignant de la vitesse de déplacement de la cible visuelle qui est de $13^{\circ}/s$ pour le premier essai, $19.5^{\circ}/s$ pour le deuxième et de $39^{\circ}/s$ pour le troisième.

Chapitre II

Description de l'expérience

Sujets

Cette recherche a été faite sur des sujets répartis à l'intérieur de quatre groupes, selon le type de tâche effectué dans leur milieu de travail. Le premier groupe se compose d'employées de bureau oeuvrant au service de comptabilité d'un centre hospitalier. Le deuxième groupe représente des secrétaires dont les principales tâches de travail sont la dactylographie et le classement. Quant au troisième groupe, il se compose d'opératrices affectées à la préparation des traitements informatiques dans une université

En général, dans ces postes de travail, le sujet n'a pas à fournir d'effort musculaire intense, c'est un travail d'ordre mental où les tâches à accomplir sont plutôt axées sur l'utilisation des processus opératoires.

Certains aspects tels que la quantité d'informations manipulée par unité de temps ainsi que les conditions de travail, peuvent différer d'un groupe à l'autre. Cependant, tous les sujets observent le même horaire de travail.

En ce qui concerne le quatrième groupe, il est composé d'étudiantes, la sélection a été faite en fonction du

niveau de scolarité et de l'âge des sujets. Pour ce groupe, un test d'aptitudes professionnelles, d'une durée d'une heure trente, leur a été administré. Cette tâche mentale fut choisie en regard de la forte charge mentale qu'elle contient. Le test étant construit selon un ordre de difficulté croissant, il demande, indépendamment des capacités du sujet, un effort mental intense. De ce fait, il entraîne une fatigue mentale proportionnelle.

Cette épreuve psychologique comprend 16 sous-tests. Cependant, les sujets ne furent tenus de compléter que les 12 premiers sous-tests. Ce test fait appel à plusieurs facteurs d'intelligence, tels que l'intelligence générale, l'aptitude verbale, l'aptitude numérique, l'aptitude spatiale, la perception des formes, la perception d'employé.

Groupe I

Trois employées, de sexe féminin (âge moyen: 28 ans) oeuvrant au service des finances d'un centre hospitalier, selon un cycle hebdomadaire fixe et diurne de cinq jours (lundi au vendredi), 8h/j. Les sujets possèdent une vision normale. Cependant, l'une d'entre elles présente un problème de myopie et porte des verres correcteurs. Leur degré de scolarité correspond à un diplôme de niveau professionnel,

avec formation spécialisée en secrétariat. Leur tâche de travail relève du domaine de l'informatique (perforation de cartes et codification, c'est-à-dire poinçonnage de cartes selon un code, pour envoyer sur des machines).

Groupe II

Quatre secrétaires de sexe féminin (âge moyen: 21 ans) oeuvrant en milieu universitaire dans des départements. Trois d'entre elles travaillent selon un cycle hebdomadaire fixe et diurne de cinq jours (lundi au vendredi) 8 h/j. Cependant, l'une d'entre elles travaille selon un horaire fixe mais comprimé (4 j. 10 h/j). Trois sujets possèdent une vision normale. Par contre, une d'entre elles présente un problème de myopie, corrigé par des verres correcteurs. Leur degré de scolarité correspond à un diplôme de niveau professionnel en secrétariat. Leur tâche de travail consiste principalement à faire de la dactylographie et du classement.

Groupe III

Cinq opératrices de sexe féminin (âge moyen: 26 ans), oeuvrant en milieu universitaire dans un département d'informatique, selon un cycle hebdomadaire fixe et

diurne de cinq jours (lundi au vendredi) 8 h/j. Quatre sujets possèdent une vision normale. L'une d'entre elles présente un problème d'astigmatisme. Leur degré de scolarité correspond à un diplôme de niveau secondaire. Leur tâche de travail consiste à préparer les traitements informatiques (perforation et codification).

Groupe IV

Trois étudiantes de sexe féminin (âge moyen: 20 ans) dont deux de niveau universitaire et une de niveau collégial. Ces sujets possèdent toutes une vision normale. Elles furent soumises à une épreuve psychologique d'aptitudes professionnelles, le B.F.A.A.

Appareils d'expérimentation

Plusieurs instruments ont été agencés pour obtenir différentes mesures des mouvements oculaires. Une description des différents appareils utilisés qui sont tous reliés ensemble, sera donnée. Des explications quant à la méthode utilisée et au fonctionnement des appareils font aussi partie intégrante de ce qui suit.

Tout d'abord, lors de l'expérimentation, le sujet est confortablement installé sur une chaise spécialement

conçue afin d'immobiliser la tête. A cet effet, la chaise se compose d'un appui-tête incluant deux coussinets d'appui de chaque côté de la tête.

Le sujet est alors placé face à un écran cathodique (Hewlett Packard 1310A). Cet appareil est utilisé pour la présentation des stimuli. La distance requise entre le sujet et l'écran cathodique est de 42 cm; distance correspondant à des mouvements oculaires de 20° d'angle, lorsque le sujet regarde un stimulus apparaissant sur l'écran à droite ou à gauche du point de fixation central. Pour cette recherche, la valeur de 20° constitue une limite, car pour un sujet normal, le domaine d'amplitude de la majorité des mouvements oculaires est compris entre 4 mn et 15° d'arc.

Comme le but de l'expérience est de mesurer et d'enregistrer les mouvements de l'oeil du sujet, une méthode de détection des mouvements oculaires par cellules photo-électriques est employée à cette fin.

Cette méthode consiste à diriger sur la frontière entre l'iris coloré et la sclère (blanc de l'oeil), une paire de photodiodes placées sur une monture de lunettes. Ces lunettes d'enregistrement de mouvements oculaires se composent d'une monture sans verres, sur laquelle, du côté droit, sont installées trois cellules ajustables situées en avant de l'oeil.

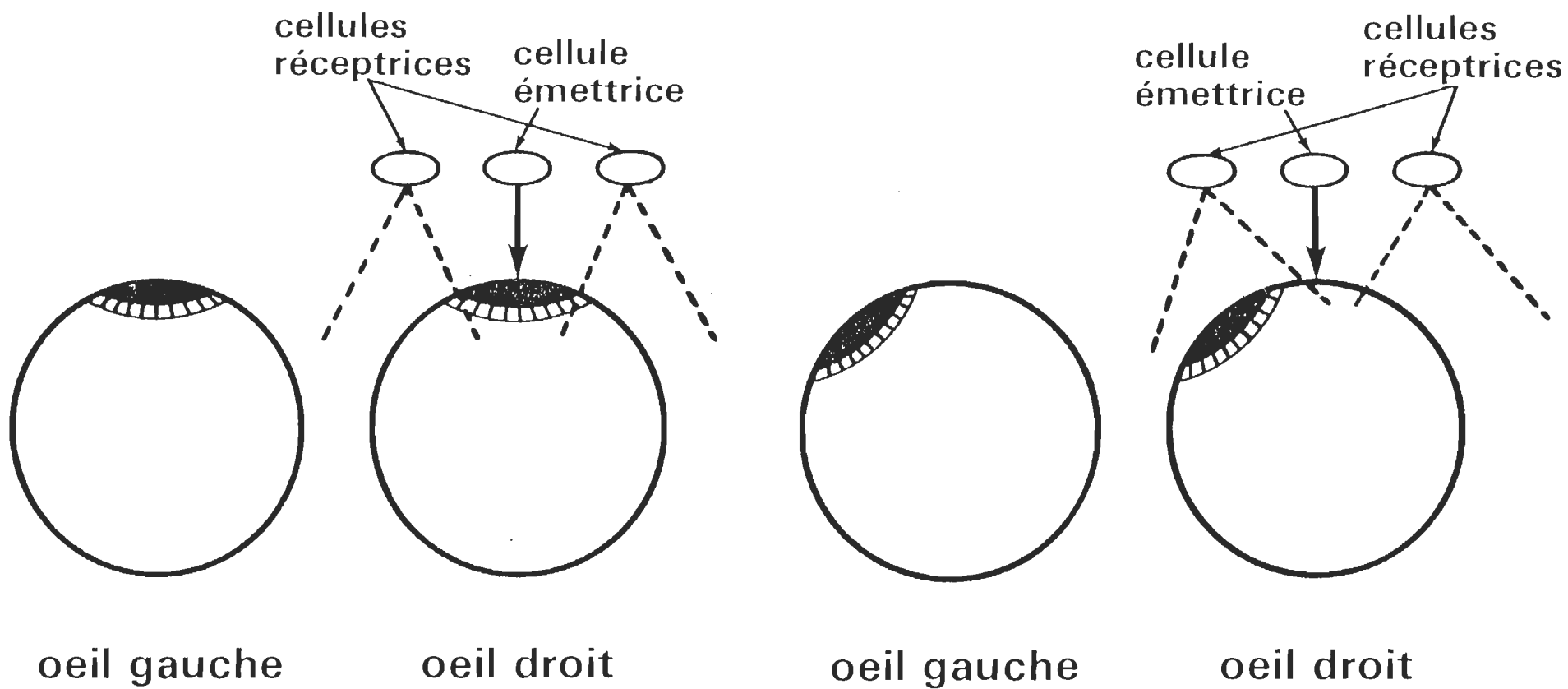


Fig. 1 - **ENREGISTREMENT PAR PHOTODIODES**

Ces cellules se définissent comme étant deux cellules réceptrices (FPT - 100 Fairchild) et une cellule émettrice (type TLR 107). Toutes trois fonctionnent dans l'infrarouge. Ces cellules sont ainsi placées de chaque côté de la pupille et captent le rayonnement infrarouge qui se reflète sur la cornée (voir figure 1).

C'est ainsi que, lorsque l'oeil se dirige vers le nez en suivant le stimulus sur l'écran cathodique, la photodiode la plus proche du nez se trouve exposée à une plus grande surface d'iris sombre, de même qu'à une moins grande surface de sclère blanche, ce qui entraîne une baisse de tension aux bornes de la cellule photo-électrique correspondante. Simultanément, la photodiode la plus proche de la tempe capte une plus grande surface de membrane sclérotique claire et une moins grande surface d'iris. Il est possible alors d'observer une augmentation de tension aux bornes de cette cellule. La différence entre ces deux tensions permet d'obtenir une mesure précise de la position de l'oeil.

Les mouvements oculaires détectés donnent des signaux qui sont amplifiés et digitalisés (c'est-à-dire codés) sous forme numérique par un convertisseur analogue digital à huit bits. L'information ainsi reçue et traitée est par la suite envoyée directement sur le port d'entrée du micro-

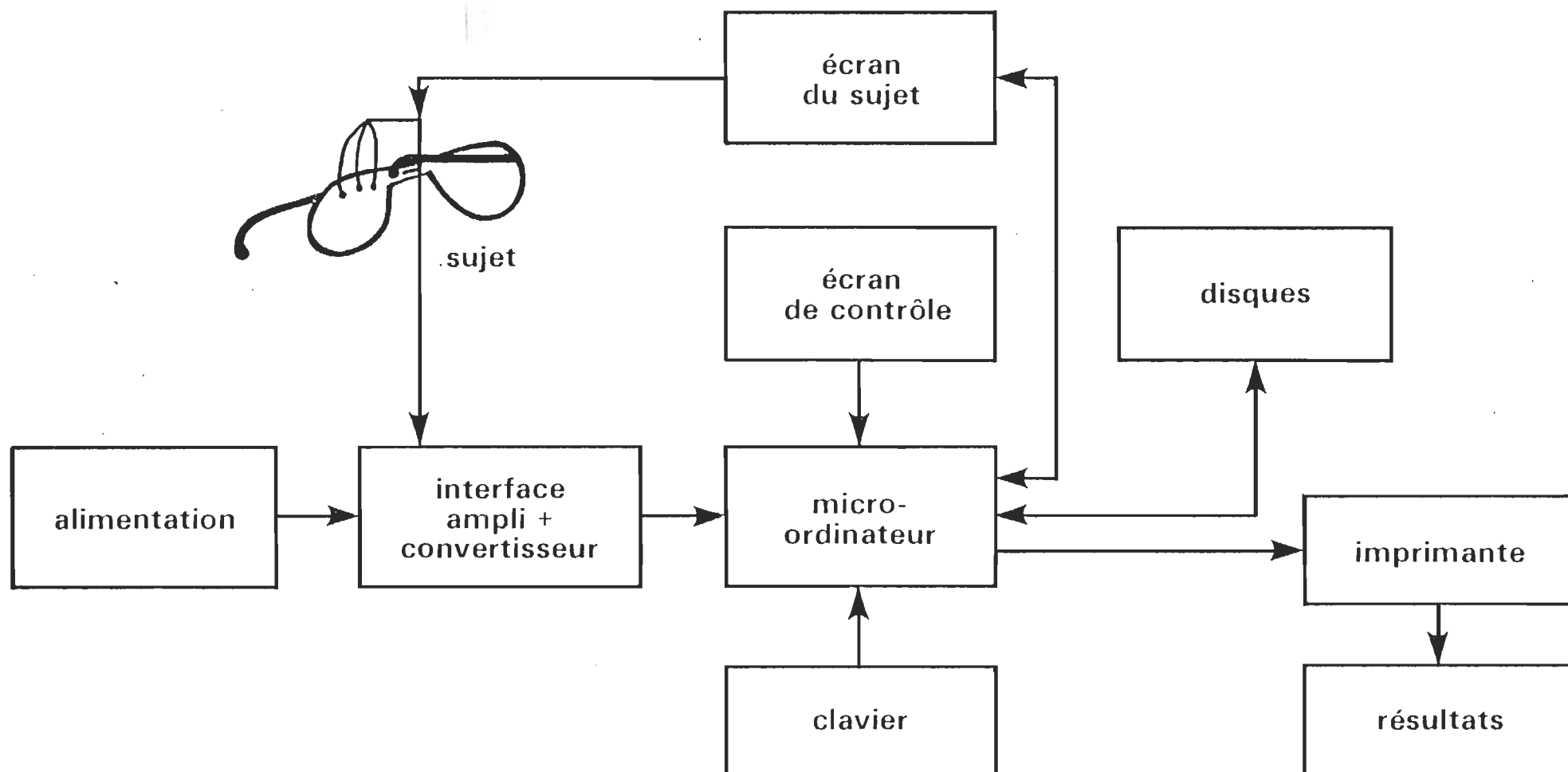


Fig. 2 - **SCHÉMA DE L'APPAREILLAGE**

ordinateur (Future-data Z-80). Celui-ci procède à une analyse en temps réel des mouvements oculaires recueillis.

Afin de communiquer ou encore de dialoguer avec l'ordinateur, un clavier et un écran de contrôle sont utilisés. Ces instruments sont reliés directement au micro-ordinateur et permettent de faire sortir et de faire entrer des informations (programmes de traitement des mouvements oculaires, visualisation des données recueillies, etc...).

Pour recueillir les données, le micro-ordinateur utilise un programme en langage assembleur Z 80. Cette cueillette effectuée, un premier traitement des données est effectué en temps réel et les résultats sont conservés en mémoire sous forme d'histogramme. Le programme assembleur utilise l'horloge du micro-ordinateur qui donne un signal de synchronisation toute les 2 ms. Cette même horloge est également employée pour la présentation des stimuli sur l'écran cathodique.

Après chacun des sous-tests, les données sont transférées de la mémoire vive du micro-ordinateur sur une mémoire morte constituée de deux disques souples de huit pouces. Par la suite, différents programmes statistiques en langage basic sont utilisés dans le but d'obtenir les statistiques descriptives correspondant aux différents sous-tests. Les résultats

obtenus sont imprimés sur papier, par une imprimante (cétronics) et ce, dans le but d'avoir un accès plus facile aux résultats (voir figure 2).

Calibration de l'appareillage

Il faut souligner que la calibration des appareils est très importante pour obtenir des résultats précis. Par conséquent, la distance entre le sujet et l'écran cathodique, ainsi que l'angle de 20° de part et d'autre du point de fixation central constituent des variables importantes à respecter. De plus, il est nécessaire de vérifier si les lunettes sont bien ajustées sur le sujet et que sa tête demeure immobile.

La linéarité de la mesure est assurée par l'ajustement des cellules photo-électriques situées à l'avant de l'oeil droit du sujet, ainsi que par la qualité des cellules utilisées. Au cours de la procédure de calibration, l'expérimentateur intervient sur les potentiomètres de gain et d'équilibre (balance) de l'amplificateur des mouvements oculaires, de telle sorte qu'à un déplacement de 20° du globe oculaire correspondent 128 unités au niveau du convertisseur analogue digital. A ce moment, il s'avère que chacune des unités digitalisées correspond à 0.156° , alors qu'au niveau de la stimulation, 128 unités vont donner un déplacement du stimulus

sur l'écran cathodique, sous-tendant un angle de déviation oculaire de 20° .

Une calibration et un ajustement continu des appareillages sont ainsi effectués entre chacun des sous-tests et ce, pour chacun des sujets.

Il est à noter que l'éclairage ambiant de la pièce où se déroule l'expérimentation, est constant pour les trois sous-tests et que les cellules infrarouges sont peu influencées par l'éclairage ambiant.

D'autre part, un circuit électronique de modulation du signal infrarouge ainsi qu'un système de filtre de bande permettent d'éviter que le moniteur de mouvements oculaires soit influencé par la périodicité du courant électrique (60 hz) et de l'éclairage.

Description des sous-tests

Trois sous-tests différents sont effectués lors de l'expérimentation. Ils sont présentés invariablement dans l'ordre suivant:

A. Sous-test I (Hist.): Mesure du temps de réactions avec
mémorisation d'un stimulus pré-déterminé

Ce sous-test est utilisé pour mesurer la vitesse de réaction d'un sujet dans une tâche complexe dans le but d'évaluer des processus de traitements d'information de niveau supérieur (aspect cognitif).

En ce qui a trait au temps de réaction, il constitue l'intervalle entre la présentation d'un stimulus et le début de la réaction (déplacement du globe oculaire).

Cependant, il est à noter que, dans ce sous-test, à cause de certaines contraintes techniques, un temps de mouvement est ajouté au temps de réaction pur. Cela s'explique par le fait que le temps de réaction est déterminé lors du franchissement par l'oeil de la ligne médiane de l'écran cathodique. Le temps de réaction est mesuré en millisecondes.

Outre la vitesse de réaction pour ce sous-test, le sujet doit faire appel aux capacités suivantes:

- de détection d'un stimulus
- d'identification d'un stimulus
- de localisation d'un stimulus
- de mémorisation du nombre d'apparitions d'un stimulus prédéterminé.

Les stimuli se composent de points lumineux et de symboles tels que croix, carrés, triangles et signes négatifs (-). Ils sont présentés de part et d'autre du point de fixation central sur l'écran cathodique. Ces symboles apparaissent pendant un court laps de temps et diffèrent pour chacun des stimuli (temps de présentation possible entre 150 et 400 ms).

L'ordre de présentation des stimuli fut établi à partir d'une table de hasard. Cet ordre est constant pour tous les sujets. La position des stimuli est constante: 20° à droite ou à gauche du point de fixation central.

La croix constitue le symbole pré-déterminé que le sujet doit mémoriser. Celle-ci n'apparaît qu'une fois sur quatre. De fait, le nombre de croix présentées est déterminé par le quart du nombre de stimuli totaux. Par conséquent, le nombre de stimuli présentés peut varier d'un sujet à un autre selon l'efficacité de chacun à réussir les essais et ce, sans anticipation.

Tâche du sujet

La tâche du sujet consiste à détecter les symboles apparaissant soit à droite ou à gauche du point de fixation central de l'écran cathodique. De plus, le sujet doit comptabiliser mentalement le nombre de croix qu'il voit apparaître

sur l'écran, tout en continuant de suivre les autres symboles qui lui sont présentés.

Consigne

Dire au sujet:

"Le point va se déplacer à droite ou à gauche de l'écran. La tâche consiste à suivre ce point des yeux le plus rapidement possible. Sur l'écran vont apparaître différents signaux: des croix, des carrés, des triangles, des signes moins (-). Il s'agit de compter mentalement combien de fois sont apparues les croix pendant les essais suivants."

B. Sous-test II (tablo): amplitude et vitesse des mouvements oculaires saccadiques

Le but du sous-test est de mesurer un certain nombre de caractéristiques des mouvements saccadés de l'oeil, tels que le temps de réaction de la première saccade en réponse au déplacement du stimulus, la précision du geste oculaire, le temps de mouvement de la première saccade, l'amplitude et la vitesse moyenne de la première saccade. Ces mouvements ballistiques que l'on appelle des saccades, déplacent la fovéa de l'oeil en différents points du champ visuel du sujet.

Il existe différents types de saccades (verticales, obliques, doubles, etc...), par contre, dans ce sous-test, nous nous arrêtons strictement aux mouvements saccadés horizontaux. Ces mouvements se produisent lorsque le sujet regarde différents stimuli sur une ligne horizontale.

La nature des stimuli pour ce sous-test se compose exclusivement de points lumineux apparaissant à gauche et à droite du point de fixation central, sur l'écran cathodique. L'ordre de présentation des stimuli est déterminé au hasard mais constant pour tous les sujets. Il est important que le sujet revienne fixer le point au centre de l'écran cathodique entre chacun des essais. La programmation des stimuli fait de cette consigne une contrainte imposée au sujet, car tant que le sujet ne regarde pas le point central, le nouveau stimulus (stimulus suivant) n'est pas présenté.

Description des différentes caractéristiques des mouvements saccadiques mesurés

Temps de réaction de la première saccade

Ici, un temps de réaction pur est mesuré. Cette mesure obtenue en millisecondes, est déterminée par l'intervalle entre la présentation d'un point lumineux et le début du mouvement de l'oeil. La mesure du temps de réaction s'arrête

lorsque l'oeil commence à bouger, après l'apparition d'un stimulus non prédictible (la direction et l'amplitude du déplacement du stimulus ne sont pas prédictibles par le sujet).

Précision du geste oculaire

En ce qui concerne la précision du geste oculaire, elle est estimée par le coefficient de corrélation obtenu entre la position du stimulus et la position de l'oeil à la fin de la première saccade. Cet indice, pour être valable, fait appel à l'exactitude de la procédure de calibration effectuée au début du sous-test.

Temps de mouvement de la première saccade

Le temps de mouvement constitue une mesure succédant au temps de réaction. Il indique le temps que prend l'oeil pour se rendre du point de fixation central au stimulus perçu sur l'écran cathodique. Le temps de mouvement (durée de la saccade) s'exprime en millisecondes. Pour être considéré comme valable, un premier essai nécessite de la part du sujet un arrêt du mouvement oculaire sur la cible (avec une marge d'erreur de ± 4 unités, soit $\pm .63^\circ$).

Par conséquent, le sujet ne doit s'arrêter ni avant ni après la cible (stimulus). Une saccade du mauvais côté par rapport au stimulus, est aussi considérée comme un essai

échoué. De plus, un temps de réaction trop long (dépassant 500 ms) entraîne également un échec de l'essai.

Les essais échoués lors de la première passation sont repris. Dans ce cas, les résultats obtenus à la deuxième passation sont retenus, qu'ils soient réussis ou pas. Par contre, cette mesure n'est pas comptabilisée dans la moyenne lorsque le temps de réaction égale ou dépasse 500 ms.

L'amplitude de la première saccade

L'amplitude se définit habituellement comme la différence entre le maximum et le minimum d'une grandeur au cours d'un intervalle de temps donné. L'amplitude des saccades de nos sujets se situe à l'intérieur de 20° d'arc et ce, tant à gauche qu'à droite du point de fixation central sur l'écran cathodique. L'amplitude moyenne des saccades, pour les 40 essais effectués, doit se rapprocher de 10° . Une calibration adéquate est aussi nécessaire pour assurer la validité des résultats obtenus. L'amplitude de la saccade se mesure en degrés.

Vitesse moyenne de la première saccade

La vitesse moyenne de la première saccade s'obtient en calculant le déplacement moyen par unité de temps. De plus, la mesure de cette caractéristique s'exprime en degrés par

seconde. La vitesse maximale d'une saccade varie théoriquement entre $160^{\circ}/s$ pour une saccade de 6° et $800^{\circ}/s$, pour une saccade de 90° .

Tâche du sujet

La tâche du sujet consiste à suivre des yeux, le plus rapidement possible, un point lumineux qui se déplace de façon aléatoire sur une ligne horizontale. Ce point peut se situer à gauche ou à droite du point de fixation central sur l'écran cathodique. Entre chaque essai, le sujet doit revenir regarder le point central de l'écran.

Dans ce sous-test, le sujet doit effectuer 40 essais avant l'arrêt automatique de l'appareil. Dans une deuxième étape, nous procédons à une reprise des essais manqués lors de la première passation. Le nombre total des stimuli présentés peut aussi varier entre 40 et 80.

Consigne II

Dire au sujet:

"Le point va se déplacer à partir du centre, soit vers la droite ou la gauche. La tâche consiste à suivre le point des yeux, le plus rapidement possible, sans pour autant partir avant que le point se déplace.

"Après avoir vu le point, tu reviens regarder le centre de l'écran. Autant que possible, tu essaies de ne pas cligner des yeux ni bouger la tête".

C. Sous-test III (vitesse): la poursuite visuelle

Le but de ce sous-test est d'évaluer le système de poursuite visuelle du sujet. Les mouvements de poursuite sont évoqués par l'écart se retrouvant dans l'appariement de la vitesse de l'oeil avec celle de la cible. La mesure de la vitesse de déplacement de l'oeil est évaluée par la distance parcourue par l'oeil toutes les 16 ms, alors que les déplacements de celui-ci sont échantillonnés toutes les 2 ms. De plus, le calcul du pourcentage des saccades permet de vérifier l'exactitude des mouvements oculaires de poursuite.

Habituellement, chez le sujet normal, la vitesse de poursuite de l'oeil se rapproche de la vitesse moyenne de la cible et il n'effectue que peu ou pas de saccades.

Pour obtenir la mesure du mouvement de poursuite, la méthode utilisée consiste à présenter un point lumineux se déplaçant à une vitesse constante vers la gauche, puis de gauche à droite et ainsi de suite. La trajectoire du stimulus est constante, cependant, la vitesse possède trois modalités différentes, cela signifie que le sujet effectue trois

essais de même type à une vitesse différente chaque fois, mais qui demeure constante tout au long du même essai. La première passation comprend cinq cycles à une vitesse de $13^{\circ}/s$, la deuxième 10 cycles à $19.5^{\circ}/s$ et la dernière 10 cycles à $39^{\circ}/s$. Si la vitesse de l'oeil s'écarte de celle de la cible visuelle, l'oeil doit effectuer une saccade. Cette dernière ne permet pas toujours à l'oeil de rattraper la cible visuelle. Lorsque cela se produit, l'oeil doit effectuer de nouvelles saccades afin de supprimer l'écart de vitesse. Les mouvements saccadés dans la poursuite visuelle, se produisent à intervalles irréguliers et dépendent de l'état du sujet.

Lorsque la vitesse de l'oeil n'est pas la même que celle du stimulus, il se produit parfois des déplacements de l'oeil en direction opposée à celle de la cible. Cela signifie que l'oeil part du côté opposé à celui du stimulus. Dans ce sous-test, le nombre de changements de direction, ainsi que leur orientation sont comptabilisés par le micro-ordinateur.

Tâche du sujet

La tâche est de suivre des yeux un point qui va se déplacer de manière continue sur l'écran dans un mouvement de va et vient, cela à une vitesse constante. Le sujet doit effectuer cette tâche trois fois, car d'une fois à l'autre, la vitesse de déplacement du stimulus est augmentée.

Consigne III

Dire au sujet:

"Tu vas voir un point que va se déplacer sans arrêt, tu vas suivre ce point des yeux le mieux que tu peux."

"Maintenant, tu vas suivre encore le point des yeux, mais il ira plus vite que tout à l'heure. Tu es prêt?"

"Tu fais cela très bien. On va refaire encore la même chose, tu vas suivre le point des yeux, mais il ira encore plus vite".

D. Test de la fréquence de fusion critique visuelle

La passation du test de fréquence de fusion critique visuelle est utilisée pour mesurer le pouvoir de discrimination temporelle du sujet, afin de vérifier s'il y a baisse ou non de ce pouvoir de discrimination temporelle.

La fréquence de fusion critique visuelle se définit comme étant le seuil pour lequel le nombre d'éclats lumineux successifs qui viennent d'une source lumineuse fixe, donne la sensation d'une plage lumineuse homogène. Ce seuil s'exprime en hertz ou cycles par seconde. Il est ainsi possible de considérer la fréquence de fusion critique comme une

sensation devenant homogène lorsque les conditions simulatrices le sont vraiment.

L'appareillage pour ce test comprend un tube fluorescent (Flicker Lafayette, série 12025), qui clignote à une fréquence variable. Cet appareil produit une présentation continue et automatique des stimuli. Ceux-ci varient à une fréquence de 2 hz environ. Cette présentation est faite en vision binoculaire et fovéale chez le sujet.

Des présentations ascendantes et descendantes des stimuli sont effectuées; cela signifie que si la fréquence s'élève à partir d'une valeur sous-liminaire, le clignotement cesse au seuil et donne lieu à une sensation lumineuse stable. Cependant, si, à partir d'une valeur supraliminaire, la fréquence diminue, le seuil apparaît lorsqu'à la sensation lumineuse stable succède le papillotement.

Lors des mesures ascendantes, la fréquence croît à partir de 5 hz, à l'opposé les mesures descendantes s'abaissent à partir de 80 hz ou plus.

Pour s'assurer de la validité du test, certains facteurs physiques doivent être maintenus constants, tels que:

- la luminance de la source
- la surface du stimulus
- la localisation rétinienne

- la distance de visualisation
- le niveau d'adaptation
- la forme et la durée du stimulus.

Tâche du sujet

La tâche du sujet est de nous indiquer son seuil de fusion critique en appuyant sur une précelle, arrêtant le générateur à la fréquence correspondant au seuil perçu. Le sujet appuie ainsi sur la précelle au moment précis où :

- il voit à partir d'une lumière qui clignote, un éclairage continu,
- il voit à partir d'un éclairage continu, une lumière qui clignote.

Deux à trois mesures dans chaque sens sont effectuées dans le but de s'assurer de la constance des résultats obtenus.

Consignes

Dire au sujet :

"Dès que tu vois la lumière clignoter, tu appuies sur le bouton".

"Dès que tu vois que la lumière cesse de clignoter, qu'elle devient stable, tu appuies sur le bouton".

Chapitre III

Analyse des résultats

Méthodes d'analyse

Les méthodes employées dans l'analyse des résultats des différentes variables, sont le calcul des moyennes et écarts-types individuels. En ce qui concerne le test des saccades et celui de la poursuite visuelle, ces opérations sont effectuées à partir des résultats bruts stockés sur des fichiers, sur les disques souples. Par la suite, ces traitements sont effectués en basic. Ils sont faits pour tous les essais effectués et ce, pour chacun des sujets au cours de la première et de la seconde passation.

Dans le test des saccades, les variables mesurées sont le temps de réaction complexe, le temps de réaction saccadique, l'amplitude, le temps de mouvement, la vitesse moyenne des saccades. Dans le test de poursuite visuelle, les variables mesurées sont la vitesse moyenne de poursuite au cours des trois différents sous-tests, le nombre de mouvements lents ainsi que le nombre de mouvements saccadés dans le premier sous-test de la poursuite visuelle.

Les coefficients de corrélation oeil-cible et les indices de précision du geste oculaire sont calculés sous forme

de moyennes. Le calcul des moyennes et écarts-types de la fréquence de fusion critique visuelle s'opère à partir des seuils ascendants et descendants enregistrés par chacun des sujets, avant et après la tâche.

Par la suite, des analyses de variance sur les moyennes et dispersions individuelles des différents sous-tests sont faites à l'aide du programme du Health sciences computing facility de l'Université de Californie dans sa version BMDP2V sur l'ordinateur Cyber de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Ces opérations permettent d'obtenir l'effet de répétition et les différences entre les groupes, ainsi que l'importance de ce facteur pour chacun des groupes, soit les secrétaires, les employées de la comptabilité, les sujets soumis au B.F.A.A. et les opératrices.

Il est cependant nécessaire de préciser qu'étant donné le petit nombre de sujets, l'interprétation tient compte des tendances exprimées, lorsque les résultats ne sont pas statistiquement significatifs, mais approchent le seuil de signification de .05.

Résultats

Le tableau 1 rapporte les moyennes de fréquence de fusion critique, ainsi que les écarts-types de chacun des quatre groupes à la première et à la seconde passation. Chez les groupes opératrices et secrétaires, nous observons des baisses appréciables de la moyenne. Par contre, pour les groupes B.F.A.A. et comptabilité, il y a une légère augmentation des moyennes. En ce qui a trait aux écarts-types, ils demeurent sensiblement les mêmes pour tous les groupes de sujets. Les légères variations enregistrées demeurent négligeables.

Les résultats de l'analyse de variance globale rapportée au tableau 2, n'indiquent pas de différence significative entre les groupes. Par contre, le facteur répétition est très significatif ($P < .01$). Par rapport à notre hypothèse, cela signifie qu'il y a baisse du pouvoir de discrimination temporelle à la deuxième passation, soit après le travail; cela va dans le sens d'un effet limitatif de la fatigue en ce qui concerne l'interaction sujet, environnement. Quant à l'interaction entre les groupes et le facteur répétition, elle est presque significative ($P < .06$), cela exprime que cette baisse du pouvoir de discrimination temporelle enregistrée après le travail est plus importante pour certains groupes de sujets que pour d'autres.

Tableau 1

Variable: Fréquence de fusion critique (Flicker)
 Tableau des moyennes et écarts-types
 (en hertz)

Groupes	Passation	Moyenne	Ecart-type
Opératrices (n=5)	1	44.38	4.37
	2	41.00	3.06
B.F.A.A. (n=3)	1	43.13	7.53
	2	46.48	7.55
Secrétaires (n=4)	1	42.48	3.34
	2	41.40	2.35
Comptabilité (n=3)	1	42.52	6.65
	2	43.45	8.37

Tableau 2

Analyse de variance globale à mesures répétées

Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Interindividuelle				
Groupes (G)	3	9.41	.17	.91
Erreur	11	54.11		
Intra-individuelle				
Répétition	1	21.95	9.62	.01
G x R	3	7.51	3.29	.06
Erreur	11	2.28		

Le tableau 3 présente l'analyse de variance par groupe. Cette analyse confirme que le groupe opératrices est le plus affecté ($P < .04$). Ce résultat va dans le sens de notre hypothèse selon laquelle le seuil de fréquence de fusion critique visuelle baisse en fonction de l'augmentation de la fatigue mentale.

Tableau 3

Analyse de variance par groupe pour la variable
Fréquence de fusion critique visuelle

Groupe	Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Opératrices (n=5)	Répétition	1	28.66	8.50	.04
	Erreur	4	3.37		
B.F.A.A. (n=3)	Répétition	1	18.02	7.23	.11
	Erreur	2	2.49		
Secrétaires (n=4)	Répétition	1	2.33	3.58	.15
	Erreur	3	.65		
Comptabilité (n=3)	Répétition	1	1.29	.55	.53
	Erreur	2	2.34		

Le tableau 4 rapporte le temps de réaction complexe moyen et l'écart-type de chacun des quatre groupes. Il faut souligner qu'ici, ce temps de réaction est appelé complexe parce que la tâche à effectuer dans ce sous-test est multiple: détection, identification et localisation d'un stimulus

Tableau 4

Variable: Temps de réaction complexe
 Tableau des moyennes et écarts-types
 (en millisecondes)

Groupe	Passation	Moyenne	Ecart-type
Opératrices (n=5)	1	215.40	11.30
	2	216.80	24.81
B.F.A.A. (n=3)	1	233.33	8.14
	2	233.00	11.77
Secrétaires (n=4)	1	204.50	14.71
	2	217.75	10.24
Comptabilité (n=3)	1	216.00	28.16
	2	219.33	30.89

ainsi que la mémorisation du nombre d'apparitions d'un stimulus prédéterminé.

A la lecture de ce tableau, il est possible de remarquer que les moyennes augmentent légèrement dans tous les cas, à l'exception du groupe B.F.A.A. où la moyenne est demeurée la même. Quant aux écarts-types, ils augmentent légèrement dans tous les groupes, à l'exception d'un seul, soit celui des secrétaires.

Les résultats de l'analyse de variance globale à mesures répétées rapportés au tableau 5, n'indiquent pas de différence significative entre les groupes. Cependant, le facteur répétition possède une tendance significative ($P < .06$). Par

Tableau 5
Analyse de variance globale à mesures répétées

Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Interindividuelle				
Groupes (G)	3	13651.89	.54	.66
Erreur	11	631.40		
Intra-individuelle				
Répétition	1	342.32	4.19	.06
G x R	3	62.05	.76	.53
Erreur	11	81.60		

rapport à l'hypothèse présentée, cela signifie que le temps de réaction est plus long au cours de la deuxième passation, soit après le travail. Quant à l'interaction entre le facteur groupe et le facteur répétition, elle n'est pas significative.

Le tableau 6 présente l'analyse de variance par groupe. Pour les secrétaires, le facteur répétition est significatif ($P < .02$). Par rapport à l'hypothèse se rattachant au temps de réaction, cela signifie que l'intervalle entre la présentation d'un stimulus et le début de la réaction (déplacement du globe oculaire) est plus long pour les sujets du groupe secrétaires. Pour les autres sujets, le temps de réaction n'est pas augmenté de manière significative après une journée de travail. Il faut cependant ajouter que le groupe des secrétaires était le plus rapide avant le travail.

Tableau 6

Analyse de variance par groupe pour la
variable temps de réaction complexe

Groupe	Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Opératrices (n=5)	Répétition	1	4.90	.03	.88
	Erreur	4	192.40		
B.F.A.A. (n=3)	Répétition	1	140.16	5.68	.14
	Erreur	2	24.66		
Secrétaires (n=4)	Répétition	1	351.12	15.41	.02
	Erreur	3	22.79		
Comptabilité (n=3)	Répétition	1	16.66	3.23	.21
	Erreur	2	5.16		

Mémorisation d'un stimulus prédéterminé

En ce qui concerne la détection de la mémorisation d'un stimulus parmi plusieurs (celui dont le symbole est la croix), nous n'observons pas de différence dans les résultats entre la première et la seconde passation. Certains sujets détectent exactement le nombre de stimuli présenté, tandis que, pour d'autres, les différences observées entre le nombre de croix présenté et le nombre vu par le sujet demeurent sensiblement les mêmes à la première et à la seconde passation. Cela signifie que, pour l'ensemble des groupes de sujets, les capacités de détection et de mémorisation évaluées par le test tel qu'il est construit, n'ont pas été affectées par la fatigue.

Le tableau 7 rapporte le temps de réaction saccadique et l'écart-type de chacun des quatre groupes à la première et à la seconde passation. Nous remarquons à la lecture de ce tableau, que l'hypothèse voulant que le temps de réaction saccadique augmente après le travail, selon la fatigue du sujet, se vérifie de manière significative, seulement avec le groupe des secrétaires. Chez les groupes comptabilité et opératrices, nous observons une légère baisse, tandis que pour le groupe B.F.A.A., le temps de réaction saccadique demeure le même.

Les résultats de l'analyse de variance globale rapportés au tableau 8 n'indiquent aucune différence significative entre les groupes. De plus, le facteur répétition qui évalue la différence entre les deux passations, soit avant et après le travail, n'est pas significatif pour l'ensemble des sujets. Il en est de même pour l'interaction entre les groupes et le facteur de répétition, nous n'observons pas de différence significative.

Le tableau 9 présente l'analyse de variance par groupe. Dans l'ensemble des groupes, seul celui des secrétaires possède une augmentation significative ($P < .03$). Par rapport à notre hypothèse, cela signifie que le groupe des secrétaires a des temps de réaction plus longs après une journée de travail. Aussi, il semble affecté plus que les autres

Tableau 7

Variable: Temps de réaction saccadique
 Tableau des moyennes et écarts-types
 (en millisecondes)

Groupes	Passation	Moyenne	Ecart-type
Opératrices (n=5)	1	178.20	39.20
	2	173.40	33.20
B.F.A.A. (n=3)	1	202.00	14.73
	2	202.00	5.29
Secrétaires (n=4)	1	177.75	18.32
	2	202.50	22.78
Comptabilité (n=3)	1	189.00	30.05
	2	186.33	12.58

Tableau 8

Analyse de variance globale à mesures répétées

Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Interindividuelle				
Groupes (G)	3	894.51	1.50	.26
Erreur	11	597.48		
Intra-individuelle				
G x R	3	381.25	2.03	.16
Erreur	11	187.82		

Tableau 9

Analyse de variance par groupe pour la variable
Temps de réaction saccadique

Groupes	Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Opératrices (n=5)	Répétition	1	57.60	.18	.69
	Erreur	4	318.35		
B.F.A.A. (n=3)	Répétition	1	0.00	0.00	1.00
	Erreur	2	99.50		
Secrétaires (n=4)	Répétition	1	1225.12	13.49	.03
	Erreur	3	90.79		
Comptabilité (n=3)	Répétition	1	10.66	.07	.62
	Erreur	2	160.66		

groupes par le phénomène de la fatigue. Cela pourrait s'expliquer par leurs tâches de travail qui sont plus variées, occasionnant plus de déplacements physiques; de plus, elles ont à répondre au téléphone ainsi qu'aux gens se présentant à leur bureau. Ces différentes sollicitations peuvent contribuer à augmenter leur charge de travail.

Le tableau 10 rapporte l'amplitude moyenne des saccades ainsi que l'écart-type, pour chacun des quatre groupes à la première et à la seconde passation.

A la lecture de ce tableau, nous observons qu'il y a une légère baisse des moyennes pour le groupe des opératrices, des secrétaires, ainsi que de la comptabilité. Par

Tableau 10

Variable: Amplitude des saccades
 Tableau des moyennes et écarts-types
 (en degrés)

Groupes	Passation	Moyenne	Ecart-type
Opératrices (n=5)	1	10.00	4.2
	2	8.20	4.4
B.F.A.A. (n=3)	1	8.74	4.5
	2	9.43	4.5
Secrétaires (n=4)	1	9.25	4.5
	2	7.75	4.25
Comptabilité (n=3)	1	8.71	4.44
	2	8.49	5.72

contre, chez le groupe B.F.A.A., nous observons une augmentation minime de la moyenne. Quant aux écarts-types, les variations observées demeurent négligeables.

Par rapport à notre hypothèse, cela signifie que, sous l'effet de la fatigue, le sujet a tendance à effectuer des saccades plus petites (dans le but de conserver la précision du geste oculaire); cependant, les variations de l'amplitude moyenne n'atteignent pas un seuil significatif. Ce dernier cas se rencontre chez les groupes de sujets où il y a baisse des moyennes, soit les opératrices, les employées de la comptabilité ainsi que des secrétaires.

A l'opposé, le groupe B.F.A.A. augmente sa moyenne d'amplitude des saccades. Ce résultat peut s'expliquer par le fait qu'une tâche de courte durée a tendance à engendrer un effet d'excitation chez les sujets. Par conséquent, cet effet d'éveil vient retarder l'apparition de la fatigue et empêcher ainsi les baisses de performance.

Quant aux écarts-types qui devraient augmenter à la seconde passation, ils ne démontrent pas une plus grande dispersion, car ils demeurent sensiblement les mêmes à la seconde passation.

Le tableau 11, sur l'analyse de variance globale, par ses résultats n'indique aucune différence significative entre les groupes. De plus, le facteur répétition, qui évalue la différence entre les deux passations, soit avant et après le travail, n'atteint pas un seuil significatif pour l'ensemble des sujets. Il en est de même pour l'interaction entre les groupes et le facteur de répétition où nous n'observons pas de différence significative.

Les résultats de l'analyse de variance par groupe au tableau 12, démontrent que, pour l'ensemble des sujets, la fatigue n'influence pas de manière significative l'amplitude moyenne de leurs saccades après le travail.

Tableau 11
Analyse de variance globale à mesures répétées

Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Interindividuelle				
Groupes (G)	3	537.57	.63	.61
Erreur	11	858.97		
Intra-individuelle				
Répétition	1	67.74	.43	.52
G x R	3	182.10	1.14	.37
Erreur	11	159.35		

Tableau 12
Analyse de variance par groupe pour la variable
Amplitude des saccades

Groupes	Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Opératrices (n=5)	Répétition	1	8.10	2.84	.16
	Erreur	4	2.85		
B.F.A.A. (n=3)	Répétition	1	6.00	.28	.65
	Erreur	2	21.50		
Secrétaires (n=4)	Répétition	1	544.50	1.17	.35
	Erreur	3	465.83		
Comptabilité (n=3)	Répétition	1	96.00	.64	.50
	Erreur	2	150.50		

Le tableau 13 rapporte le temps de mouvement saccadique moyen ainsi que son écart-type pour chacun des quatre groupes, à la première et à la seconde passation. Nous remarquons, à la lecture de ce tableau, que les moyennes baissent légèrement chez trois groupes de sujets, soit les groupes comptabilité, secrétaires et opératrices. Tandis que, pour les sujets du B.F.A.A., nous observons une légère hausse, mais qui demeure négligeable.

Pour les écarts-types, les résultats démontrent qu'il y a augmentation dans deux groupes et diminution pour les deux autres groupes. Cependant, ces variations demeurent négligeables.

Les résultats de l'analyse de variance globale rapportés au tableau 14, n'indiquent pas de différence significative entre les groupes. Il en est de même pour le facteur répétition dont le résultat n'est pas significatif. Cela signifie que l'augmentation du temps de mouvement saccadique n'atteint pas le seuil de signification en raison du petit nombre de sujets et du faible écart entre les mesures avant - après. En ce qui a trait à l'interaction entre les groupes et le facteur répétition, le résultat n'est pas significatif.

Le tableau 15 présente l'analyse de variance par groupe. Nous observons que le facteur répétition n'est pas

Tableau 13

Variable: Temps de mouvement saccadique
 Tableau des moyennes et écarts-types
 (en millisecondes)

Groupes	Passation	Moyenne	Ecart-type
Opératrices (n=5)	1	39.20	3.96
	2	33.20	10.13
B.F.A.A. (n=3)	1	34.33	4.04
	2	35.00	3.60
Secrétaires (n=4)	1	36.50	3.11
	2	31.25	6.50
Comptabilité (n=3)	1	35.00	8.18
	2	31.33	6.50

Tableau 14

Analyse de variance globale à mesures répétées

Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Interindividuelle				
Groupes (G)	3	14.00	.32	.81
Erreur	11	44.42		
Intra-individuelle				
Répétition	1	90.92	2.39	.15
G x R	3	15.31	.40	.75
Erreur	11	38.00		

Tableau 15

Analyse de variance par groupe pour la variable
Temps de mouvement saccadique

Groupes	Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Opératrices (n=5)	Répétition	1	90.00	2.48	.19
	Erreur	4	36.25		
B.F.A.A. (n=3)	Répétition	1	.66	.03	.87
	Erreur	2	20.66		
Secrétaires (n=4)	Répétition	1	55.12	1.94	.25
	Erreur	3	28.45		
Comptabilité (n=3)	Répétition	1	20.16	.28	.65
	Erreur	2	73.16		

significatif pour chacun des groupes de sujets. Par conséquent, la durée moyenne de la saccade n'est pas allongée après le travail.

Le tableau 16 rapporte la vitesse moyenne des saccades ainsi que l'écart-type de ces vitesses pour chacun des quatre groupes à la première et à la seconde passation. A la lecture de ce tableau, nous remarquons qu'il y a une baisse de la vitesse moyenne pour les groupes opératrices et secrétaires, tandis que pour le groupe comptabilité, elle demeure sensiblement la même. A l'opposé, le groupe B.F.A.A. augmente considérablement sa vitesse moyenne. Quant aux écarts-types, ils augmentent pour les groupes secrétaires et comptabilité

Tableau 16

Variable: Vitesse moyenne des saccades
 Tableau des moyennes et écarts-types
 (en degrés/seconde)

Groupes	Passation	Moyenne	Ecart-type
Opératrices (n=5)	1	260.80	17.25
	2	237.80	17.31
B.F.A.A. (n=3)	1	240.33	48.21
	2	268.66	18.15
Secrétaires (=4)	1	279.25	30.25
	2	237.50	46.33
Comptabilité (n=3)	1	239.00	26.15
	2	240.00	37.03

marquent une baisse pour le groupe B.F.A.A. et demeurent sensiblement les mêmes pour le groupe opératrices.

Toutefois, les résultats de l'analyse de variance globale rapportés au tableau 17 démontrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les groupes. Il en est de même pour le facteur répétition. Par rapport à notre hypothèse, cela signifie qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux passations, soit avant et après le travail. Par contre, l'interaction entre le facteur groupe et le facteur répétition possède une tendance significative ($P < .09$). Cela traduit que la vitesse des saccades pour

Tableau 17
Analyse de variance globale à mesures répétées

Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Interindividuelle				
Groupes (G)	3	537.57	.63	.80
Erreur	11	858.97		
Intra-individuelle				
Répétition	1	67.74	.43	.34
G x R	3	182.10	1.14	.09
Erreur	11	159.35		

certaines sujets, soit les opératrices et les secrétaires, baisse après leur journée de travail, alors qu'elle a tendance à augmenter pour le groupe B.F.A.A.

Le tableau 18, portant sur l'analyse de variance par groupe, nous permet de voir que le groupe opératrices ($P < .02$) et celui des secrétaires ($P < .07$) sont plus représentatifs d'un état de fatigue après le travail que les autres groupes examinés. En effet, la vitesse moyenne de la première saccade pour ces deux groupes, diminue lors de la seconde passation, et d'une façon plus marquée pour le groupe des opératrices. Ces résultats significatifs vont dans le même sens que notre hypothèse, c'est-à-dire que, sous l'effet de la fatigue, la vitesse des saccades diminue.

Tableau 18

Analyse de variance par groupe pour la variable
Vitesse moyenne des saccades

Groupes	Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Opératrices (n=5)	Répétition	1	1322.50	12.00	.02
	Erreur	4	110.25		
B.F.A.A. (n=3)	Répétition	1	1204.16	1.17	.39
	Erreur	2	1029.16		
Secrétaires (n=4)	Répétition	1	3486.12	6.82	.07
	Erreur	3	511.45		
Comptabilité (n=3)	Répétition	1	1.50	.00	.97
	Erreur	2	1144.50		

Le groupe B.F.A.A. démontre, pour sa part, une tendance opposée. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que la tâche était différente dans le sens où l'effort intellectuel à fournir était intense et de faible durée. Aussi, lors de la seconde passation, il était peut-être trop tôt pour que les effets de la fatigue chez ces sujets, se traduisent par des baisses de performance, c'est-à-dire une diminution de vitesse, dans le cas présent.

Le tableau 19 nous présente les moyennes par groupe des coefficients de corrélation obtenus entre la position du stimulus et la position de l'oeil à la fin de la première saccade. Le coefficient de corrélation étant un indice de la

Tableau 19

Variables secondaires: Coefficients de corrélation calculés
entre les stimuli et les positions de l'oeil à la fin
de la première saccade et le pourcentage des indices
de précision du geste oculaire

Autres caractéristiques des saccades								
Groupes	Passation	Coefficient de corrélation oeil-cible	Arrêt sur la cible (%)	Arrêt avant la cible (%)	Arrêt après la cible (%)	Arrêt du mauvais côté de la cible (%)	Pas d'arrêt sur le temps de réaction (%)	Pas d'arrêt sur le temps de mouvement (%)
1* (n=5)	1	.83	68	24	0	6.5	1	0
	2	.65	51	33.5	2	12	1.5	0
2* (n=3)	1	.69	28.7	32.8	0.4	8.9	1.1	.13
	2	.62	37.8	21.8	1.5	9.8	2.2	.13
3* (n=4)	1	.64	49.4	31.9	1.9	12.5	3.7	0
	2	.67	54.4	33.1	3.1	6.2	1.9	0
4* (n=3)	1	.56	46.7	30	4.2	17.5	1.7	0
	2	.46	49.1	20.8	6.7	23.3	0	0

1* = Opératrices

2* = B.F.A.A.

3* = Secrétaires

4* = Comptabilité

précision du geste oculaire, il faut considérer que, plus la corrélation est élevée, plus l'oeil s'est posé de façon précise sur la cible. Cet indice peut toutefois être affecté par l'exactitude de la procédure de calibration.

De plus, ce tableau nous donne des moyennes obtenues selon les six critères de classification du geste oculaire. Ils constituent, eux aussi, des indices de précision du geste oculaire sous forme de pourcentage.

Tout d'abord, en analysant les coefficients de corrélation, nous observons que les moyennes des groupes opératrices, B.F.A.A. et comptabilité marquent une baisse lors de la seconde passation. Seul le groupe des secrétaires accuse une augmentation. Par rapport à notre hypothèse, cela signifie que l'oeil se pose de façon moins précise sur la cible visuelle après une journée de travail. A l'opposé où nous voyons augmenter légèrement l'indice de corrélation pour le groupe des secrétaires, cela pourrait traduire qu'un certain effet d'apprentissage a pu permettre à l'oeil de conserver une aussi bonne précision, même après la tâche. Pour le groupe comptabilité, il semble que la valeur du coefficient de corrélation enregistrée à la seconde passation ait été affectée par la calibration de l'appareillage, puisqu'elle n'atteint pas une valeur de .50 (voir tableau 19).

En ce qui concerne le premier critère de classification où l'arrêt du mouvement oculaire se fait sur la cible, le pourcentage n'a diminué entre avant et après, que chez les opératrices. Cela signifie que, pour les groupes comptabilité, B.F.A.A. et secrétaires, l'oeil est encore capable, après une journée de travail, de s'arrêter au premier essai d'une façon très précise sur la cible. Seules les opératrices accusent une baisse de moyenne. Ce résultat va dans le sens de notre hypothèse, où la précision du geste oculaire diminue avec la fatigue du sujet. Le type de sollicitations auxquelles sont soumises les opératrices semble engendrer plus de fatigue du fait des conditions d'environnement physique où elles travaillent, qui sont moins adéquates, comparées aux autres groupes de sujets.

Pour le deuxième critère de classification où l'arrêt du mouvement oculaire se fait avant la cible, les moyennes augmentent pour les groupes opératrices et secrétaires à la deuxième passation, tandis que les sujets du groupe B.F.A.A. et ceux de la comptabilité marquent une baisse. Par rapport à notre hypothèse, cela signifie que les opératrices et les secrétaires ont plus de difficulté après le travail, à effectuer des gestes oculaires précis atteignant la cible. L'oeil est alors obligé de faire une autre saccade ou une glissade pour rattraper la cible visuelle (Bahill et Stark, 1979). A

l'opposé, les groupes comptabilité et B.F.A.A. obtenant de meilleurs résultats après la tâche, il faut considérer que ces derniers ont une tendance à conserver la précision de leur geste oculaire, même après une tâche.

Quant au troisième critère de classification où l'arrêt du mouvement oculaire se fait après la cible visuelle, nous observons que les moyennes sont faibles comparativement aux autres indices de précision et de plus qu'elles augmentent pour l'ensemble des sujets à la seconde passation.

Cela signifie qu'après le travail, l'oeil est moins précis et qu'il a tendance à effectuer des saccades trop longues, dépassant la cible visuelle. Il doit alors effectuer une autre saccade ou une glissade, afin de corriger la première.

Pour le quatrième critère de classification, soit l'arrêt de la saccade du mauvais côté par rapport à la cible, les moyennes augmentent pour les groupes opératrices, B.F.A.A. et comptabilité. Cela signifie que, pour ces sujets, le pourcentage d'arrêt des saccades du mauvais côté par rapport au stimulus a tendance à augmenter après la tâche. Quant au groupe des secrétaires, la moyenne baisse lors de la seconde passation. Ce résultat pourrait traduire un certain effet d'apprentissage.

En ce qui a trait aux deux derniers indices de précision, soit un temps de réaction trop long (dépassant 500 ms) ainsi qu'un temps de mouvement trop long, les pourcentages observés étant très bas pour l'ensemble des sujets, nous ne pouvons pas les prendre en considération au niveau de l'interprétation.

En ce qui concerne la variable vitesse de poursuite lente, il est nécessaire de préciser que les analyses de variance ne sont rapportées que pour la première partie de ce sous-test. En raison du fait que les données concernant la deuxième et la troisième partie du sous-test (vitesse de déplacement du stimulus à $19.5^{\circ}/s$ et à $39^{\circ}/s$) sont incomplètes suite à certaines difficultés techniques éprouvées lors de l'expérimentation. Par conséquent, les résultats de ces deux dernières variables sont interprétés seulement en terme de tendances.

Le tableau 20 présente donc les vitesses moyennes de poursuite lente, ainsi que leur écart-type pour chacun des quatre groupes, à la première et à la seconde passation. Si nous comparons d'abord ces résultats avec la vitesse constante de la cible visuelle, qui est de $13^{\circ}/s$, nous remarquons que chez l'ensemble des sujets, la vitesse de déplacement de l'oeil au cours de la poursuite lente est en moyenne plus rapide que celle du stimulus. Habituellement chez un sujet

Tableau 20

Variable: Vitesse de poursuite lente
dans le test de poursuite I
Tableau des moyennes et écarts-types
(en degrés/seconde)

Groupes	Passation	Moyenne	Ecart-type
Opératrices (n=5)	1	16.60	2.30
	2	16.60	4.72
B.F.A.A. (n=3)	1	36.00	26.29
	2	36.33	27.97
Secrétaires (n=4)	1	17.25	1.26
	2	14.00	3.16
Comptabilité (n=3)	1	16.66	3.51
	2	18.66	6.03

non fatigué, la vitesse de déplacement de l'oeil se rapproche de celle du stimulus. Dans ce tableau-ci, où nous voyons des vitesses moyennes supérieures à celle du stimulus, cela peut indiquer la présence de saccades; l'oeil ne partant pas dans la bonne direction par rapport au stimulus ou ne s'ajustant pas correctement à la vitesse du stimulus, doit alors effectuer des saccades de rattrapage pour supprimer les écarts de vitesse.

Les moyennes enregistrées avant et après par les groupes opératrices et B.F.A.A., demeurent sensiblement les mêmes. Par contre, pour le groupe des secrétaires, il y a

baisse de la moyenne. Quant au groupe comptabilité, il y a une légère hausse, mais qui demeure négligeable. En ce qui concerne les écarts-types, ils augmentent chez tous les groupes de sujets, par contre les différences ne sont pas importantes.

Les résultats de l'analyse de variance globale, rapportés au tableau 21, n'indiquent pas de différence significative entre les groupes. Il en est de même pour le facteur répétition dont le résultat n'est pas significatif.

Par contre, l'interaction entre le facteur groupe et de répétition montre une tendance significative ($P < .09$). Par rapport à notre hypothèse, cela signifie que les baisses de possibilités de poursuite, suite au travail effectué, sont plus importantes pour certains groupes que pour d'autres.

Le tableau 22 présente l'analyse de variance par groupe. A la lecture de ce tableau, il ressort que, pour le groupe des secrétaires, le facteur répétition a une tendance significative. Ce résultat pourrait traduire que, pour ce groupe, la vitesse moyenne de déplacement de l'oeil au cours de la poursuite de la cible visuelle, est moins rapide après le travail. Par contre, elle demeure légèrement supérieure au déplacement de la cible.

Tableau 21

Analyse de variance globale à mesures répétées

Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Interindividuelle				
Groupes (G)	3	621.00	2.17	.14
Erreur	11	286.76		
Intra-individuelle				
Répétition	1	.37	.12	.73
G x R	3	8.69	2.76	.09
Erreur	11	3.15		

Tableau 22

Analyse de variance par groupe pour la variable
 Vitesse de poursuite lente dans
 le test de poursuite I

Groupe	Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Opératrices (n=5)	Répétition	1	0.00	.00	1.00
	Erreur	4	3.25		
B.F.A.A. (n=3)	Répétition	1	.16	.08	.80
	Erreur	2	2.16		
Secrétaires (n=4)	Répétition	1	21.12	6.11	.08
	Erreur	3	3.45		
Comptabilité (n=3)	Répétition	1	6.00	1.71	.32
	Erreur	2	3.50		

Le tableau 23 présente les vitesses moyennes au cours de la deuxième partie du sous-test, ainsi que l'écart-type pour chacun des quatre groupes à la première et à la seconde passation.

Tout d'abord, si nous comparons les résultats obtenus avec la vitesse constante de la cible visuelle qui est de $19.5^{\circ}/s$, nous pouvons dire que, pour tous les groupes de sujets, la vitesse moyenne de déplacement de l'oeil est légèrement plus rapide que celle du stimulus. La différence observée pour le groupe B.F.A.A. étant supérieure aux autres groupes, cela pourrait s'expliquer par le fait que l'oeil éprouve plus de difficulté à suivre la cible et effectue par conséquent plus de saccades et de déplacements en direction opposée à celle de la cible.

D'autre part, en comparant les vitesses moyennes de l'oeil, nous pouvons observer des baisses pour l'ensemble des sujets à la seconde passation. Par contre, chez tous les groupes, à l'exception des secrétaires, les vitesses moyennes enregistrées demeurent toutefois supérieures à celle de la cible visuelle. Cela pourrait signaler la présence de saccades au cours de la poursuite visuelle, effectuées dans le but de supprimer les écarts de vitesse entre le déplacement du stimulus et celui de l'oeil.

Tableau 23

Variable secondaire: Vitesse de poursuite lente
 dans le test de poursuite II
 Tableau des moyennes et écarts-types
 (en degrés/seconde)

Groupes	Passation	Moyenne	Ecart-type
Opératrices (n=5)	1	21	34.2
	2	20	34.4
B.F.A.A. (n=3)	1	45	36.72
	2	41	59.89
Secrétaires (n=4)	1	21.25	27.36
	2	16.91	19.37
Comptabilité (n=3)	1	22	24.45
	2	21.97	31.7

Quant aux écarts-types, ils subissent une augmentation légère pour les groupes comptabilité et plus importante pour le groupe B.F.A.A.

Pour les opératrices, il demeure le même, tandis que chez les secrétaires, il y a une légère baisse.

Le tableau 24 présente les moyennes de vitesse au cours de la troisième poursuite, ainsi que leur écart-type pour chacun des quatre groupes à la première et à la seconde passation. En comparant les résultats obtenus par les sujets avec la vitesse constante de la cible visuelle, qui est de

Tableau 24

Variable secondaire: Vitesse de poursuite lente
 dans le test de poursuite III
 Tableau des moyennes et écarts-types
 (en degrés/seconde)

Groupes	Passation	Moyenne	Ecart-type
Opératrices (n=5)	1	37	44
	2	35.6	51.4
B.F.A.A. (n=3)	1	53	53.66
	2	54.5	76.00
Secrétaires (n=4)	1	32.5	32.43
	2	30.66	25.18
Comptabilité (n=3)	1	21	23.95
	2	22	28.56

39°/s, il est possible de dire que, pour les groupes opératrices, secrétaires et comptabilité, la vitesse de l'oeil est moins rapide que celle du stimulus et, d'une façon encore plus frappante, pour le groupe comptabilité.

Dans le sens inverse, le groupe B.F.A.A. accuse encore ici des vitesses de déplacements de l'oeil supérieures à celle du stimulus. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les sujets de ce groupe effectuent beaucoup plus de saccades au cours de la poursuite visuelle.

D'autre part, en comparant les moyennes obtenues, il y a baisse pour les groupes opératrices et secrétaires, tandis que le groupe B.F.A.A. et le groupe comptabilité augmentent très légèrement leurs moyennes. Selon notre hypothèse, les secrétaires et les opératrices seraient plus représentatives d'une fatigue ayant pour conséquence une diminution des capacités de poursuite visuelle à une vitesse très rapide.

Quant aux écarts-types, ils augmentent pour les groupes opératrices et comptabilité, d'une façon plus importante pour le groupe B.F.A.A. Chez le groupe secrétaires, nous observons une légère baisse.

Le tableau 25 rapporte le nombre de mouvements lents pendant la poursuite visuelle, ainsi que l'écart-type pour chacun des quatre groupes, à la première et à la seconde passation. Pour les groupes opératrices et secrétaire, les moyennes augmentent légèrement, tandis que chez le groupe B.F.A.A., elles diminuent un peu. Quant au groupe comptabilité, la moyenne demeure la même. En ce qui concerne les écarts-types, ils augmentent considérablement pour les groupes opératrices et B.F.A.A., d'une façon négligeable pour le groupe comptabilité, tandis que chez le groupe secrétaires, il y a une faible diminution.

Tableau 25

Variable: Nombre de mouvements lents dans
le test de poursuite I

Tableau des moyennes et écarts-types

Groupes	Passation	Moyenne	Ecart-type
Opératrices (n=5)	1	4877.20	423.28
	2	5113.20	1395.25
B.F.A.A. (n=3)	1	3690.00	2088.98
	2	3379.66	2427.10
Secrétaires (n=4)	1	5082.75	1044.14
	2	5410.00	1039.63
Comptabilité (n=3)	1	5695.33	1124.46
	2	5706.00	1268.24

Selon notre hypothèse, le nombre de mouvements lents diminue avec la fatigue du sujet, tandis que le nombre de mouvements saccadés augmente. Cela peut se vérifier avec le groupe B.F.A.A. et aussi avec le groupe des opératrices dont l'écart-type augmente considérablement au cours de la seconde passation, ainsi que leur nombre de mouvements saccadés (tableau 28). Par contre, pour les groupes secrétaires et comptabilité, les résultats peuvent traduire un certain effet d'apprentissage peut-être plus important que la fatigue dans ce sous-test. Cependant, il faut noter que ces sujets suivent mieux la cible lors de la première passation que les autres groupes.

Les résultats de l'analyse de variance globale rapportés au tableau 26, n'indiquent pas de différence significative entre les groupes. Il en est de même pour le facteur répétition qui évalue la différence entre les deux mesures, soit avant et après le travail, n'est pas significatif pour l'ensemble des sujets. Quant à l'interaction entre les groupes et le facteur de répétition, nous n'observons pas de différence significative.

Tableau 26

Analyse de variance globale à mesures répétées

Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Interindividuelle				
Groupes (G)	3	5358385.05	1.88	.19
Erreur	11	2851845.78		
Intra-individuelle				
Répétition	1	31108.73	.03	.85
G x R	3	137928.65	.15	.92
Erreur	11	900140.73		

Le tableau 27 présente l'analyse de variance par groupe. Pour l'ensemble des sujets, le facteur répétition n'est pas significatif. Cela signifie qu'il n'y a pas de diminution significative du nombre de mouvements lents dans la poursuite, après le travail.

Tableau 27

Analyse de variance par groupe pour la variable
Nombre de mouvements lents dans
le test de poursuite I

Groupes	Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Opératrices (n=5)	Répétition	1	139240.00	.17	.70
	Erreur	4			
B.F.A.A. (n=3)	Répétition	1	144460.16	1.38	.36
	Erreur	2	104405.16		
Secrétaires (n=4)	Répétition	1	214185.12	.10	.76
	Erreur	3	2089252.45		
Comptabilité (n=3)	Répétition	1	170.66	.01	.94
	Erreur	2	33554.16		

Le tableau 28 rapporte le nombre moyen de saccades au cours de la poursuite lente, ainsi que l'écart-type des quatre groupes à la première et à la seconde passation. Les moyennes augmentent pour les groupes opératrices et B.F.A.A. Par contre, nous observons une baisse pour les groupes secrétaires et comptabilité. Quant aux écarts-types, ils augmentent de façon considérable pour tous les groupes de sujets.

Les résultats de l'analyse de variance globale rapportés au tableau 29, n'indiquent pas de différence significative entre les groupes. Quant au facteur répétition qui évalue les différences de mesures avant et après le travail, il n'est pas significatif non plus. L'interaction entre les groupes et l'effet de répétition n'est pas significative.

Tableau 28

Variable: Nombre de saccades dans le
test de poursuite I
Tableau des moyennes et écarts-types

Groupe	Passation	Moyenne	Ecart-type
Opératrices (n=5)	1	351.00	205.10
	2	393.80	390.44
B.F.A.A. (n=3)	1	836.00	477.06
	2	858.33	703.08
Secrétaires (n=4)	1	404.00	144.33
	2	361.25	232.75
Comptabilité (n=3)	1	522.33	127.21
	2	507.00	357.73

Tableau 29

Analyse de variance globale à mesures répétées

Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Interindividuelle				
Groupes (G)	3	332469.00	1.70	.22
Erreur	11	195780.13		
Intra-individuelle				
Répétition	1	22.25	.00	.98
G x R	3	3066.34	.06	.98
Erreur	11	52873.94		

Par contre, il faut noter qu'il y a augmentation du nombre de saccades chez deux groupes de sujets, soit les opératrices et le B.F.A.A. Cela signifie que ces sujets éprouvent des difficultés à poursuivre la cible correctement. Pour rattraper la cible visuelle, l'oeil doit alors effectuer des saccades au cours de la poursuite visuelle.

De plus, en analysant le tableau des résultats pour la vitesse de poursuite lente, il est possible de voir que ces saccades de rattrapage ont pour effet de modifier la vitesse moyenne de la poursuite en la faisant augmenter considérablement par rapport à la vitesse de déplacement de la cible visuelle.

Par contre, pour les groupes secrétaires et employées de la comptabilité, les résultats montrent que le pourcentage de saccades diminue au cours de la seconde passation. Cela pourrait s'expliquer par le fait que l'effet d'apprentissage semble plus important que la fatigue chez les sujets dans ce sous-test.

Le tableau 30 présente l'analyse de variance par groupe. Pour l'ensemble des sujets, le facteur répétition n'est pas significatif. Cela pourrait traduire que le nombre de saccades n'atteint pas un niveau significativement plus élevé, suite à une journée de travail.

Tableau 30

Analyse de variance par groupe pour la variable
Nombre de saccades dans le test de poursuite I

Groupes	Source de variation	dl	Carré moyen	F	P
Opératrices (n=5)	Répétition	1	4579.60	.17	.70
	Erreur	4	167089.35		
B.F.A.A. (n=3)	Répétition	1	748.16	.01	.94
	Erreur	2	138380.66		
Secrétaires (n=4)	Répétition	1	3655.12	.08	.79
	Erreur	3	46182.12		
Comptabilité (n=3)	Répétition	1	352.66	.01	.92
	Erreur	2	28311.16		

Interprétation des résultats par groupe

Groupe B.F.A.A.

Pour le groupe B.F.A.A., les résultats enregistrés vont plutôt en contradiction avec les hypothèses de ce travail. En effet, la plupart des variables demeurent inchangées à la seconde passation ou encore varient de manière non significative. De plus, certaines variables telles que la vitesse moyenne des saccades (voir tableau 16), ainsi que la fréquence de fusion critique visuelle (voir tableau 1), ont plutôt tendance à présenter des effets contraires à ceux attendus.

Comparativement aux autres groupes examinés, les sujets soumis à ce test d'aptitudes professionnelles, se distinguent aussi par leurs résultats opposés aux tendances exprimées par l'ensemble des sujets. Ce phénomène pourrait trouver une explication par les caractéristiques de la tâche en elle-même qui sont différentes de celles exécutées par les autres sujets. En effet, contrairement aux autres tâches, celle du B.F.A.A. était de courte durée, même si l'effort intellectuel à fournir était intense. De plus, il ne faut pas oublier que ce test est construit selon un ordre de difficulté croissant qui contribue à maintenir et même à augmenter la motivation du sujet tout au cours de l'épreuve.

Cette augmentation de la motivation, ou encore son maintien à un niveau optimum, se traduit la plupart du temps par une augmentation du degré d'activation (Richard, 1980), ce qui revient à dire que, pour ce groupe, la passation du test d'aptitudes professionnelles aurait pu concourir à rendre le niveau de vigilance supérieur à ce qu'il était lors de la première passation.

A partir de cela, il est possible de faire un rapprochement entre le niveau élevé d'activation et l'efficacité à une activité; un niveau élevé d'activation va se traduire au niveau comportemental, par une meilleure efficacité

dans l'activité accomplie, du moins pendant une certaine durée. Cette relation peut, de ce fait, aider à la compréhension des résultats assez paradoxaux obtenus au cours de l'expérimentation.

Par rapport aux autres groupes, les sujets du B.F.A.A. obtiennent une meilleure performance. Cela pourrait s'expliquer par le fait que l'état d'excitation corticale de ces sujets à la seconde passation est supérieur aux autres groupes et empêche par conséquent l'observation de baisses de performance aux tests d'oculo-motricité, le degré d'efficacité se trouvant augmenté.

De plus, selon Sperandio (1980), une charge mentale importante n'entraîne pas nécessairement des symptômes de fatigue, cela dépendrait en particulier de la durée de la tâche. Dans le cas présent, il apparaît que ce dernier aspect, ajouté au caractère stimulant et inhabituel de la tâche, ait eu pour effet de permettre aux sujets soumis au B.F.A.A. de conserver la même performance ou encore de l'améliorer à la seconde passation.

Groupe comptabilité

Dans l'ensemble, les résultats obtenus par le groupe des employées de la comptabilité montrent que les variables étudiées ne sont pas modifiées de manière significative à la

seconde passation.

Par ailleurs, les résultats révèlent que les possibilités de poursuite visuelle sont meilleures chez ces sujets que pour les autres groupes observés, que ce soit avant ou après le travail.

En prenant pour acquis que les mouvements lents de poursuite dépendent de l'attention du sujet et demandent par conséquent une attention soutenue (Bahill et Stark, 1979), il est fort probable que le système activateur ait contribué à augmenter l'attention des employées de la comptabilité et à dissimuler leur état de fatigue.

Par contre, il faut cependant souligner que certains signes de fatigue se font tout de même sentir chez ces sujets au niveau des variations de trajectoires saccadées; il est possible en effet de voir que la précision du geste oculaire diminue dans le test des saccades. Cela se traduit d'abord par une baisse du coefficient de corrélation, mais aussi par une augmentation des dépassements saccadés et des saccades correctrices mesurées après le travail (Bahill et Stark, 1979).

D'autre part, en considérant certains facteurs de charge de travail inhérents à ce type de tâche, il est possible d'en arriver à une meilleure compréhension des résultats.

Premièrement, en sachant que la charge mentale est fonction de l'âge, du niveau d'apprentissage, des capacités du sujet, ainsi que des stratégies utilisées par ce dernier (Sperandio, 1980; Welford, 1978), il apparaît que les employées de la comptabilité ont certains avantages sur les autres groupes (secrétaires et opératrices) qui leur permettent de diminuer la charge de travail. Par exemple, leur âge moyen est plus élevé que celui des secrétaires. De plus, elles possèdent un bon entraînement à leur travail et jouissent de conditions de travail meilleures que celles des secrétaires et des opératrices.

Ces facteurs ont, par conséquent, l'avantage de les rendre plus aptes à utiliser différents modes opératoires qui, selon le besoin, leur permet d'ajuster leurs stratégies de façon à maintenir la charge globale à un niveau inférieur à la capacité limite, afin de ne pas subir les effets de fatigue qui se traduisent généralement par des baisses de performance.

Groupe des opératrices

Les résultats obtenus par les opératrices à la deuxième passation, permettent de vérifier les effets de la fatigue sur les variables vitesse moyenne des saccades, fréquence de fusion critique visuelle, ainsi que sur la précision du geste oculaire. Comparativement aux autres groupes examinés, elles demeurent, avec les secrétaires, le groupe le

plus représentatif d'un état de fatigue consécutif à un travail d'ordre mental.

Tout d'abord, en prenant la variable fréquence de fusion critique visuelle, les opératrices sont le groupe de sujets où la plus forte baisse est enregistrée et ce, de façon significative (voir tableau 1).

En prenant pour acquis que la fréquence de fusion critique visuelle reflète les variations du degré d'activation corticale, il est possible de dire qu'il y a baisse de l'activation et de la réactivité chez ce groupe, entraînant de ce fait, une baisse de performance (Kogi et Saito, 1971).

Le travail effectué par les opératrices pouvant être qualifié de monotone et routinier, il entraîne, selon Kogi et Saito (1971), une baisse de vigilance à la phase intermédiaire de la journée (c'est-à-dire à la période de temps comprise entre 15 h 00 et 20 h 00), et par conséquent, une baisse d'efficacité.

En considérant par ailleurs, que la vigilance est un aspect de l'attention, les résultats obtenus à la seconde passation démontrent que les opératrices ne sont plus capables, après le travail, d'une attention aussi soutenue qu'au cours de la première passation. Cela se vérifie, d'une part,

par la diminution significative de la vitesse de déplacement de l'oeil, dans le test des saccades, et d'autre part, par le degré de précision du geste oculaire qui diminue suite à un effort mental prolongé.

Dans le cas présent, il est donc possible d'affirmer que la vitesse des saccades diminue sous l'effet d'une fatigue mentale et favorise, par le fait même, une augmentation des variations de trajectoires saccadées. Ce dernier aspect se vérifie d'ailleurs par les indices de précision du geste oculaire où il est possible d'observer qu'après le travail, l'arrêt du mouvement oculaire se fait de moins en moins sur la cible. Selon Bahill et Stark (1979), ces déviations dans la structure de la saccade seraient sans doute causées par des variations des signaux de commande neurologique.

D'une façon plus spécifique, le sujet dans le test des saccades, dans son effort pour conserver une vitesse normale, se trouve à diminuer la précision de son geste oculaire. C'est pourquoi, dans ce cas précis, il est possible de remarquer une augmentation des dépassements glissés et des saccades correctrices; dans le premier, ils se produisent lorsque l'oeil dépasse son objectif de fixation final et doit revenir en arrière en effectuant un glissement pour s'arrêter finalement au point désiré; dans le second, l'oeil n'atteignant pas

du premier coup la cible visuelle car l'arrêt de son mouvement se fait avant la cible, il doit alors faire une nouvelle saccade pour la rattraper.

Cependant, dans les deux cas, cela correspond à une mauvaise synchronisation des signaux impulsion-échelon. Ils se produisent de façon beaucoup plus fréquente lorsque le sujet est fatigué.

Par rapport à la charge mentale inhérente à la tâche de ce groupe de sujets, il faut tenir compte qu'elle se trouve augmentée par la situation de travail en elle-même. En effet, l'aspect production, l'intensité des cadences ainsi que la très forte sollicitation visuelle, contribuent à augmenter le niveau de charge. De plus, les conditions d'environnement physiques dans lesquelles les opératrices travaillent, telles que l'éclairage insuffisant et mal réparti, l'ambiance thermique trop élevée ainsi que le bruit, forment tous des facteurs qui, selon Sperandio (1980) tendent à augmenter la charge de travail et, par conséquent, à engendrer la fatigue.

Groupe des secrétaires

Les secrétaires constituent le groupe de sujets où les résultats enregistrés à la seconde passation sont les plus en accord avec les hypothèses de cette recherche.

Comparativement aux groupes examinés, elles sont les plus représentatives d'un état de fatigue consécutif à une journée de travail.

En effet, pour plusieurs variables mesurées, soit le temps de réaction complexe, le temps de réaction saccadique, la vitesse moyenne des saccades ainsi que la vitesse de poursuite visuelle, dénotent effectivement des symptômes de fatigue (voir tableaux 4, 7, 16, 20).

Premièrement, l'augmentation du temps de réaction complexe traduit que le fonctionnement des processus de traitement de l'information de niveau supérieur (aspect cognitif), sont moins efficaces à la fin d'une journée de travail qu'au début de celle-ci.

Dans le test des saccades, cela s'exprime par l'augmentation en millisecondes de l'intervalle entre la présentation du stimulus et le début de la réaction (déplacement du globe oculaire). D'autre part, au niveau de la mesure de la première saccade, le temps de réaction moyen de l'oeil tend aussi à augmenter sous l'influence de la fatigue mentale.

En d'autres termes, le temps de réponse de l'oeil au déplacement brusque du stimulus sur la rétine, est affecté par la fatigue consécutive à un effort mental prolongé.

En ce qui concerne la vitesse des saccades, la baisse enregistrée par les secrétaires à la seconde passation, tend à démontrer que l'oeil est moins rapide après le travail. Pour conserver la précision du geste oculaire, le sujet doit par conséquent diminuer sa vitesse de pointe. Selon Bahill et Stark (1979), ce dernier cas est un signe de fatigue.

Dans l'analyse de la poursuite visuelle, la vitesse de déplacement de l'oeil tend à diminuer après une journée de travail. Cela revient à dire que les possibilités de poursuite visuelle ne sont plus aussi bonnes à la deuxième passation, le sujet n'est plus capable de faire preuve d'attention aussi soutenue qu'en début de journée.

Dans un deuxième temps, l'explication de ces résultats plus significatifs dans leur ensemble que chez les autres groupes de sujets, pourrait se faire à l'aide de l'analyse de certains facteurs relatifs à la charge de travail. D'abord, en prenant en considération que l'âge moyen des secrétaires et par conséquent, leur niveau d'apprentissage, sont moins élevés que l'ensemble des autres employées de bureau, il se peut que ces deux facteurs aient eu des répercussions sur le niveau de la charge de travail.

En effet, selon Sperandio (1980), l'organisation du travail, ainsi que la disponibilité des modes opératoires,

dépendent du niveau d'apprentissage du sujet. Dans le cas présent, cela pourrait traduire que les secrétaires, du fait de leur âge et de leur niveau d'apprentissage moins élevé que les opératrices et les employées de la comptabilité, soient moins aptes à organiser leur travail, ainsi qu'à utiliser des modes opératoires plus ou moins économiques, selon le cas, dans le but de diminuer la charge de travail.

Il serait utile de préciser que le fait que les sujets de ce groupe aient à effectuer des déplacements physiques au cours de la journée, à répondre aux appels téléphoniques, ainsi qu'aux gens se présentant à leur bureau, tout en exécutant leurs travaux de dactylographie, contribuent à augmenter la charge de travail.

Il apparaît donc, suite à cette analyse, que ces différents facteurs déterminant la charge mentale de travail, ont pour effet d'occasionner une fatigue plus importante se traduisant par des baisses de performance au niveau de certaines caractéristiques sensori-motrices mesurées par les tests d'oculomotricité.

Chapitre IV

Discussion des résultats

Dans cette dernière partie, la discussion portera principalement sur la qualité et l'efficacité des instruments de mesure utilisés dans le cadre de cette recherche, ainsi que sur les relations existant entre ces divers instruments de mesure de la fatigue.

Tout d'abord, il est nécessaire de préciser que le test de fréquence de fusion critique visuelle étant déjà un test connu, dont la valeur comme instrument de mesure de la fatigue, est démontré dans plusieurs recherches (Grandjean, 1968; Kogi et Saito, 1971; Volle et al., 1980), a été utilisé dans cette étude dans le but premier de servir d'élément de comparaison face aux autres instruments de mesure employés.

En d'autres termes, la fréquence de fusion critique visuelle apparaissant comme un instrument de mesure valide capable de fournir des indices objectifs et quantifiables, il est alors possible de se baser sur les résultats obtenus par les sujets à ce test, pour évaluer si les modifications observées au niveau des autres caractéristiques oculo-motrices peuvent être considérées comme des indices de fatigue mentale, reflétant bien la sensibilité et la validité des mesures.

Par contre, il faut souligner que le test de fréquence de fusion critique visuelle possède tout de même un défaut, soit celui de demeurer un indice subjectif de la fatigue, du fait que le sujet est susceptible d'influencer la mesure, puisqu'il détermine lui-même le seuil.

Cependant, dans cette recherche, les résultats enregistrés par tous les groupes de sujets lors de l'analyse des saccades et celle de la poursuite visuelle, concordent d'une façon assez précise avec ceux obtenus au test de fréquence de fusion critique visuelle et ces derniers indices ont l'avantage d'être objectifs.

De plus, en autant que le concept de fatigue utilisé tient compte du mécanisme neuro-physiologique de l'excitabilité et, par conséquent, est considéré comme fonction de l'éveil cortical, il permet d'apporter une explication assez pertinente aux résultats souvent paradoxaux observés au cours de cette recherche. Pour ce faire, il faut se rapprocher de la théorie de Grandjean (1968) sur la fatigue, basée sur l'antagonisme existant entre la formation réticulée activatrice et le système inhibiteur de l'activité corticale. La fréquence de fusion critique visuelle permet alors d'observer les variations du degré d'activité corticale, dépendamment du type de tâche exécuté, ainsi que du moment du jour où la mesure est prise (Grandjean, 1968; Kogi, 1971). Par ailleurs, ce test fournit

des indices sur les caractéristiques de la tâche que le sujet a effectuée.

Par exemple, ce test a permis de vérifier certaines hypothèses selon lesquelles une tâche de courte durée, où l'effort mental à fournir était intense, a pour effet d'augmenter le degré d'activation et d'attention du sujet lui permettant d'obtenir ainsi une meilleure performance et efficience au cours d'une tâche ultérieure très rapprochée dans le temps (Grandjean, 1968; Kogi et Saito, 1971).

D'autre part, sous l'effet d'un travail monotone et routinier, le système inhibiteur du cortex diminue les feedback corticaux, entraînant un type de fatigue très particulier qui est l'ennui.

Toujours en accord avec Grandjean (1968), il a été possible d'observer que ce phénomène peut toutefois être inversé et ce, d'une façon assez rapide par l'exécution d'une nouvelle tâche à caractère stimulant; le système activateur ramène alors le niveau de vigilance à un niveau plus élevé ou encore augmente l'attention, cela dissimule par conséquent la fatigue. Le sujet peut alors maintenir un certain niveau d'efficience, malgré un état de fatigue qui devient non-apparent.

Dans d'autres cas, cependant, où la fatigue mentale du sujet atteint un niveau plus profond, il y a prévalence du système freinateur. Cela a pu être vérifié d'ailleurs par les groupes opératrices et secrétaires, où les sujets diminuent leur moyenne de fréquence de fusion critique visuelle à la deuxième passation (voir tableau 5).

Cela revient à dire que, dans ce dernier cas, les systèmes inhibiteurs du cortex sont plus actifs et prédominent; l'activité corticale se trouve donc réduite. Ceci a pour effet de restreindre l'attention du sujet et ainsi de l'empêcher d'augmenter ou même juste de conserver son niveau de performance dans une tâche subséquente (Grandjean, 1968).

Ainsi, le test de fréquence de fusion critique visuelle, par ses qualités inhérentes, fournit une assez bonne description et évaluation de la fatigue mentale et ce, pour chacun des groupes de sujets.

De plus, les différences observées entre les résultats reflètent bien l'influence de certains autres facteurs sur la réactivité de l'individu, ainsi que les mécanismes d'adaptation utilisés par ce dernier, pour augmenter ou encore de maintenir ses potentialités.

En ce qui concerne le test de l'analyse de saccades, les résultats, dans l'ensemble, ne sont pas significatifs, par

contre, ils tendent vers un seuil de signification. Aussi est-il nécessaire d'établir certaines distinctions et explications quant à sa valeur comme instrument de mesure de la fatigue mentale.

Déjà, au premier abord, il apparaît que certaines caractéristiques telles que le temps de réaction complexe, la vitesse moyenne des saccades, ainsi que la précision du geste oculaire, soient des paramètres plus facilement perturbables par la fatigue mentale, comparativement aux autres caractéristiques, soit le temps de mouvement, l'amplitude moyenne des saccades ainsi que le temps de réaction des saccades.

Premièrement, en ce qui a trait au temps de réaction complexe, les variations observées au niveau de ce paramètre étant très légères, pour l'ensemble des sujets, n'atteignent pas un seuil de signification. D'une part, ces résultats peuvent trouver une explication dû au fait que les groupes examinés étaient petits. D'autre part, le groupe des opératrices se distinguant des autres groupes par l'augmentation significative de son temps moyen de réaction après le travail, il est même probable que ce résultat traduise que certains groupes de sujets soient plus fatigués que d'autres.

Ainsi, la charge mentale inhérente aux différentes tâches semble plus élevée pour ce dernier groupe et, par conséquent, engendre une fatigue plus importante.

Les différences observées dans la mesure du temps de réaction, dans une tâche complexe, confirment l'hypothèse de base de cette recherche, selon laquelle l'intervalle entre la présentation d'un stimulus et le début de la réaction du déplacement oculaire s'allonge lorsque le sujet est fatigué.

Toutefois, les variations observées étant légères, elles ne sont pas de l'ordre de 20%. Encore ici, le nombre de sujets à l'intérieur des groupes semble trop restreint pour leur permettre d'atteindre le seuil de signification.

En ce qui a trait à la vitesse moyenne des saccades, ainsi que de la précision du geste oculaire, c'est au niveau de ces deux paramètres des saccades, que les signes de fatigue sont les plus évidents. En effet, les résultats observés dans cette recherche concordent avec les affirmations de Bahill et Stark (1979), selon lesquelles le sujet fatigué, dans le but de conserver une certaine précision du geste oculaire, doit ralentir sa vitesse maximale. Ainsi, sous l'effet de la fatigue, la vitesse de déplacement de l'oeil au cours des saccades est moins rapide.

De plus, l'analyse des indices de précision de l'oeil, dans l'analyse des saccades, indique que le sujet éprouve plus de difficulté à la deuxième passation, à arrêter son mouvement directement sur la cible. La précision du geste oculaire diminue chez le sujet fatigué.

En accord avec Bahill et Stark (1979), il est possible d'observer que l'arrêt du mouvement oculaire ne parvient pas à atteindre du premier coup la cible visuelle. Lorsqu'il y a fatigue mentale, l'oeil a plutôt tendance à s'arrêter soit avant la cible, soit après, ou encore plus rarement, du mauvais côté de la cible visuelle (erreur de prédiction). C'est d'ailleurs à ce moment là que les dépassements dynamiques ainsi que les dépassements glissés apparaissent, ou encore deviennent plus fréquents. Ces types de mouvements sont effectués par l'oeil dans le but de rattraper la cible visuelle.

Il semble d'ailleurs, selon Bahill et Stark (1979), que tous ces changements dans la structure des saccades correspondent à des variations dans les signaux de commande neurologiques, impulsion - échelon.

En outre, il est nécessaire de préciser que le test de l'analyse des saccades utilisé dans cette étude, permettait seulement de mesurer l'arrêt du mouvement oculaire correspondant à la première saccade. C'est pourquoi il a été impossible de mesurer les glissades et d'en observer ainsi la fréquence. Par conséquent, les résultats observés dans la présente analyse ne peuvent rendre compte de l'énoncé de Bahill et Stark (1979), voulant que la fréquence des glissades augmente considérablement avec la fatigue du sujet.

De plus, il faut se rappeler que cette affirmation de la part de ces deux auteurs (Bahill et Stark, 1979) a été faite à partir d'une situation artificielle de laboratoire, après que le sujet eut effectué autour de 500 saccades de 10° . Cette précision peut aider à établir une certaine distinction au niveau des résultats de cette recherche où les conditions d'expérimentation étaient différentes.

Par rapport aux paramètres amplitude moyenne des saccades et temps de mouvement saccadique, aucune différence significative n'a été observée. Dans le premier cas, les résultats rejoignent l'hypothèse selon laquelle l'amplitude moyenne ne devrait pas être affectée par la fatigue, car celle-ci peut entraîner aussi bien des dépassements (over-shoot), que des mouvements plus petits (undershoot) (Bahill et Stark, 1979).

En ce qui concerne le temps de mouvement des saccades qui aurait dû augmenter avec la fatigue mentale à condition que l'amplitude du mouvement demeure constante, les différences observées ne traduisent pas que la durée de la saccade s'allonge de façon significative chez le sujet fatigué.

En considérant qu'il existe une relation linéaire entre ces deux caractéristiques oculomotrices, il apparaît que cette relation se conserve assez bien, même sous l'effet d'une fatigue mentale.

En résumé, le test de l'analyse des saccades peut constituer un instrument de mesure de la fatigue mentale efficace, en autant que certaines modifications au niveau des paramètres mesurés y seront apportées.

Par rapport au test de fréquence de fusion critique visuelle, il possède un certain avantage, soit celui d'être un test objectif, alors que le Flicker (FFC) demeure, par sa construction, un indice subjectif (seuil).

En outre, il faut considérer que l'interprétation des résultats dans le but d'atteindre un certain niveau de validité, doit tenir compte des différences individuelles entre les sujets et plus particulièrement au niveau du type de travail effectué et de la charge mentale correspondante, ainsi que du moment précis de la journée où la mesure est prise.

Quant au dernier test utilisé dans le cadre de cette recherche, soit l'analyse du système de poursuite visuelle, il apparaît que, dans l'ensemble, les résultats obtenus par les sujets après le travail ne semblent pas révéler de modifications notables au niveau des caractéristiques oculomotrices consécutives à une fatigue mentale. De plus, en comparant ces résultats avec ceux de la fréquence de fusion critique visuelle, il semble que la fidélité du test de l'analyse de poursuite visuelle soit mise en doute. En effet, cet outil

de mesure n'est pas assez sensible, car il ne permet pas de révéler des indices de fatigue.

Ainsi, par rapport aux paramètres mesurés tels que la vitesse moyenne du déplacement de l'oeil au cours de la poursuite, le nombre de mouvements lents, ainsi que le nombre de mouvements saccadés, les variations observées ne sont pas suffisamment importantes pour atteindre un seuil de signification.

Tout d'abord, en considérant le paramètre vitesse moyenne du déplacement de l'oeil dans la première partie du sous-test, où la vitesse constante du stimulus est de $13^{\circ}/s$, l'hypothèse voulant que sous l'effet de la fatigue mentale, la vitesse moyenne de poursuite de l'oeil soit inférieure à celle du stimulus, n'est pas confirmée. Il est possible que ces résultats traduisent simplement que cette caractéristique oculomotrice n'est peut-être pas un bon indice pour refléter la fatigue mentale des sujets. Aussi, il serait probablement préférable d'utiliser plutôt la vitesse médiane comme indice de fatigue mentale au niveau de la poursuite visuelle, parce qu'elle constitue un centre de position qui n'est pas influencé par la grandeur des résultats extrêmes.

Par contre, dans la deuxième partie du sous-test analyse de poursuite visuelle, où le stimulus se déplace à

une vitesse constante de $19.5^{\circ}/s$, l'observation des résultats démontre qu'à cette vitesse, les signes de fatigue se font davantage sentir; ils ont pour effet de diminuer la vitesse de déplacement de l'oeil dans la poursuite visuelle. Le sujet fatigué éprouvant plus de difficulté à poursuivre correctement la cible visuelle, il doit donc effectuer plus de saccades pour supprimer les écarts de vitesse ainsi que les déplacements en direction opposée à celle de la cible (Bahill et Stark, 1979).

En ce qui concerne la troisième et dernière partie de ce sous-test, analyse de poursuite visuelle où le déplacement du stimulus à vitesse constante est de $39^{\circ}/s$, il reflète aussi la même tendance que celles observées au cours du deuxième sous-test de poursuite visuelle. Les moyennes des vitesses de déplacement de l'oeil tendent à démontrer qu'à cette vitesse ($39^{\circ}/s$), les capacités de poursuite visuelle du sujet tendent à diminuer, dû au fait que sous l'influence d'une fatigue mentale, le sujet n'est plus capable, entre autres raisons, de fournir une attention aussi soutenue. Par conséquent, dans ce dernier cas, la poursuite visuelle s'effectue plutôt par une série de fixations saccadiques que par un mouvement lent de poursuite (Williams et Helfrich, 1977).

D'autre part, la présence de saccades a pour effet d'augmenter la vitesse moyenne de poursuite visuelle telle que

mesurée. Cela dénote un certain défaut du système de poursuite du fait que l'oeil, pour rattraper le retard qu'il a sur la cible, doit effectuer des saccades afin de corriger les erreurs de position et l'écart de vitesse par rapport au stimulus. Par conséquent, la vitesse de déplacement de l'oeil dans la poursuite visuelle se trouve augmentée par le fait même.

En dernier lieu, le nombre de mouvements lents et le nombre de mouvements saccadés calculés dans la première partie du sous-test, où la vitesse de déplacement du stimulus est de $13^{\circ}/s$, ne confirment pas les hypothèses voulant que, chez un sujet fatigué, l'oeil effectue plus de saccades au cours de la poursuite visuelle et, par conséquent, diminue son nombre de mouvements lents. En prenant en considération que la vitesse moyenne du déplacement de l'oeil au cours de cette première partie de la poursuite visuelle, n'est pas affectée, les résultats observés sont facilement compréhensibles et logiques.

Pour ce qui est de la deuxième et troisième partie de ce sous-test, il est nécessaire de préciser que le calcul du nombre de saccades et celui des mouvements lents n'ont pu être effectués. C'est pourquoi il n'est pas possible, pour ces deux sous-tests, de comparer la vitesse moyenne de déplacement de l'oeil en relation avec l'augmentation ou encore de la diminution du nombre de saccades et celui des mouvements lents, au cours de la poursuite visuelle.

Cependant, les résultats de l'analyse de poursuite visuelle tendent à démontrer l'existence de certaines caractéristiques propres au système de poursuite visuelle et mis d'ailleurs en évidence par Young (1971), telle que la capacité d'adaptation de ce système, ainsi que sa capacité de prédiction du déplacement futur de la cible, sur une certaine période de temps pouvant aller de 100 à 300 ms.

D'ailleurs, selon Young (1971), la prédictabilité de la cible permet apparemment au système visuel de réduire l'écart entre le déplacement du stimulus et celui de l'oeil. Ainsi la probabilité de fréquence accrue des saccades diminue.

A l'intérieur de cette recherche, il apparaît que ces deux caractéristiques sont suffisamment présentes pour influencer les résultats et empêcher, par conséquent, des baisses de performance, particulièrement dans la première partie de ce sous-test (vitesse constante du stimulus à $13^{\circ}/s$).

Les signaux utilisés sont, en effet, relativement prédictibles dans le sens où ils permettent au sujet d'utiliser plusieurs sortes d'informations visuelles se rapportant à la position et à la vitesse de la cible visuelle. Ainsi, il serait préférable, pour augmenter le niveau de validité de l'analyse de poursuite visuelle, d'utiliser des signaux non-prédictibles, afin de diminuer le plus possible l'influence

des caractéristiques d'adaptation et de prédictabilité du système de poursuite visuelle.

En conclusion, il ressort, suite à cette discussion, que le test de fréquence de fusion critique visuelle demeure l'un des outils des plus valides pour évaluer une fatigue mentale. Par conséquent, il constitue un bon indice pour servir d'élément de comparaison avec les autres instruments de mesure utilisés et en prouver leur efficacité pour l'évaluation d'une fatigue mentale.

En effet, l'analyse des saccades apparaît dans une certaine mesure comme un instrument valide, en autant que certaines modifications au niveau des paramètres utilisés y sont apportées.

Quant au test de l'analyse de poursuite visuelle, la validité de ce test pourrait en être augmentée si les cibles visuelles présentées n'étaient pas prédictibles mais plutôt aléatoires.

En définitive, cette nouvelle approche de la mesure de la fatigue mentale par la motricité oculaire, présente l'avantage d'offrir des mesures objectives, contrairement au test de fréquence de fusion critique visuelle qui demeure un indice subjectif.

Conclusion

Cette étude se proposait d'évaluer une fatigue engendrée par l'exécution d'une tâche mentale et mesurée par le système visuo-oculo-moteur.

Les données qui ont servi à l'étude, furent recueillies auprès de quatre groupes de sujets soumis à différents types de tâches mentales: secrétaires, employées de la comptabilité, opératrices et sujets soumis à un test d'aptitudes professionnelles, le B.F.A.A. Ce dernier groupe était le seul où la tâche mentale à exécuter demandait un effort intellectuel intense réparti sur une courte période de temps.

Tous les sujets furent examinés à deux moments différents, soit avant et après le travail. Les tests utilisés dans le but de mesurer la fatigue mentale, étaient la fréquence de fusion critique visuelle, l'analyse des saccades et celle de la poursuite visuelle.

Le test de fréquence de fusion critique visuelle étant un indice connu dans le domaine de l'évaluation de la fatigue, a été choisi et utilisé afin de servir d'élément confrontant par rapport aux tests de motricité oculaire.

L'analyse des résultats a permis, d'une part, d'observer les effets de la fatigue au niveau de certaines

caractéristiques visuelles, d'autre part, de comparer les groupes entre eux.

Les résultats obtenus révèlent que le test de fréquence de fusion critique visuelle demeure un outil des plus valides pour évaluer une fatigue consécutive à un effort mental. Par contre, en comparaison aux autres tests utilisés, il possède le désavantage de demeurer un indice subjectif.

Aussi, en se basant sur les résultats obtenus à ce test, il est possible de considérer le test de l'analyse des saccades comme un instrument de mesure capable de fournir des données objectives et fiables sur la fatigue mentale. Cependant, il apparaît nécessaire d'effectuer certaines modifications au niveau des paramètres mesurés, dans le but d'en augmenter la validité du modèle. Par exemple, l'amplitude moyenne des saccades, ainsi que le temps de mouvement demeurant inchangés après le travail, pourraient être supprimés du test. Par contre, les résultats observés montrent que, chez le sujet fatigué, il y a augmentation du temps de réaction complexe, du temps de réaction saccadique, diminution de la vitesse moyenne des saccades et de la précision du geste oculaire.

En ce qui concerne le test de poursuite visuelle, les changements observés après le travail au niveau de la vitesse moyenne de l'oeil, du nombre de saccades et celui des

mouvements lents ne sont pas vraiment représentatifs d'un état de fatigue. Aussi, dans une prochaine étude, ce test pourrait augmenter sa sensibilité et sa validité si les signaux utilisés étaient imprédictibles par le sujet. Cela aurait pour effet de limiter l'influence de certaines caractéristiques propres au système de poursuite, telle que l'adaptabilité.

Par rapport aux groupes mesurés, il ressort que certains d'entre eux soient plus affectés par la fatigue mentale. De plus, en analysant les facteurs de charge de travail, il apparaît que l'âge, le niveau d'apprentissage, les différences individuelles, ainsi que les conditions de travail, forment des agents contribuant à augmenter la charge mentale inhérente à la tâche de travail.

En somme, cette étude rejoint les préoccupations engendrées par le travail moderne. En effet, aujourd'hui, sous l'influence grandissante de l'automatisation et de la mécanisation, les tâches de travail demandent de moins en moins d'effort musculaire, mais font plutôt appel aux capacités mentales de l'individu.

De plus, il faut reconnaître que ces postes de travail se situent trop souvent dans un cadre rigidement programmé, monotone et entraînant par le fait même fatigue et ennui.

C'est pourquoi, à l'heure actuelle, il devient important de déterminer les conséquences que cela peut avoir sur l'individu et de proposer par conséquent, des instruments de mesure qui permettent de comparer les modifications, visant ainsi à améliorer le milieu de travail, comme par exemple la rotation des tâches, les horaires, les conditions d'environnement physique tels que l'éclairage, le niveau sonore, l'ambiance thermique, les conditions de travail, ainsi que l'organisation du travail.

Appendice A

Résultats individuels

Tableau 31

Résultats obtenus par chacun des cinq sujets du
groupe des opératrices au test de fréquence
de fusion critique visuelle en Hertz

Sujet	Passation	Moyenne	Ecart- type	Différence intra-sujet*
1	1	38.57	-	-1.42
	2	37.15	-	"
2	1	48.50	-	-3.83
	2	44.67		
3	1	45.62	-	-2.14
	2	43.48		
4	1	41.15	-	-1.81
	2	39.34		
5	1	48.10	-	-7.73
	2	40.37		

* Après - avant = F.C.F.

Tableau 32

Résultats obtenus par chacun des trois sujets
du groupe B.F.A.A. au test de fréquence
de fusion critique visuelle en Hertz

Sujet	Passation	Moyenne	Ecart- type	Différence intra-sujet*
1	1	51.1	16.82	4.05
	2	55.15	0.81	
2	1	41.8	7.68	1
	2	42.8	5.49	
3	1	36.5	11.53	5.35
	2	41.5	29.4	

* Après - avant = F.C.F.

Tableau 33

Résultats obtenus par chacun des quatre sujets
du groupe des secrétaires au test de fréquence
de fusion critique visuelle en Hertz

Sujet	Passation	Moyenne	Ecart- type	Différence intra-sujet*
1	1	44.6	3.72	-1.2
	2	43.4	5.95	
2	1	37.5	.25	0.5
	2	38	.69	
3	1	43.7	0.87	-1.4
	2	42.3	1.09	
4	1	44.12	2.82	-2.22
	2	41.9	2.70	

* Après - avant = F.C.F.

Tableau 34

Résultats obtenus par chacun des trois sujets
du groupe comptabilité au test de fréquence
de fusion critique visuelle en Hertz

Sujet	Passation	Moyenne	Ecart- type	Différence intra-sujet*
1	1	35.97	2.39	-1.52
	2	34.45	4.92	
2	1	49.27	5.07	1.73
	2	51	3.08	
3	1	42.32	3.35	2.58
	2	44.9	20.76	

* Après - avant = F.C.F.

Tableau 35

Résultats obtenus par chacun des cinq sujets du
groupe des opératrices au sous-test I: mesure
du temps de réaction en millisecondes avec
mémorisation d'un stimulus pré-déterminé

Sujet	Passation	Moyenne des temps de réaction	Variance	Ecart- type	Différence entre le nombre de croix vu et le nombre de croix présenté
1	1	228	2239	47	1
	2	237	2847	53	0
2	1	220	1573	39	5
	2	208	1184	34	7
3	1	202	1327	36	2
	2	220	1330	36	3
4	1	222	2263	47	7
	2	240	3714	60	2
5	1	205	3205	56	1
	2	179	1772	42	1

Tableau 36

Résultats obtenus par chacun des trois sujets du
groupe B.F.A.A. su sous-test I: mesure des temps
de réaction en millisecondes avec mémorisation
d'un stimulus prédéterminé

Sujet	Passation	Moyenne des temps de réaction	Variance	Ecart- type	Différence entre le nombre de croix vu et le nombre de croix présenté
1	1	227	10831	104	0
	2	230	3321	57	0
2	1	229	3934	62	3
	2	246	4121	64	2
3	1	214	1801	42	2
	2	238	-	-	1

Tableau 37

Résultats obtenus par chacun des quatre sujets du
groupe des secrétaires au sous-test I: mesure du
temps de réaction en millisecondes avec
mémorisation d'un stimulus prédéterminé

Sujet	Passation	Moyenne des temps de réaction	Variance	Ecart- type	Différence entre le nombre de croix vu et le nombre de croix présenté
1	1	213	-	-	0
	2	219	4242	65	0
2	1	184	4812	69	5
	2	203	1927	43	2
3	1	204	888	29	6
	2	223	5367	73	4
4	1	217	-	-	0
	2	226	1193	34	0

Tableau 38

Résultats obtenus par chacun des trois sujets du
groupe comptabilité au sous-test I: mesure du
temps de réaction en millisecondes avec
mémorisation d'un stimulus prédéterminé

Sujet	Passation	Moyenne des temps de réaction	Variance	Ecart- type	Différence entre le nombre de croix vu et le nombre de croix présenté
1	1	185	711	26	13
	2	186	2989	54	0
2	1	223	3398	58	0
	2	225	2751	52	0
3	1	240	8051	89	11
	2	247	4911	70	12

Tableau 39

Résultats obtenus par chacun des cinq sujets du groupe
des opératrices au sous-test II: amplitude
et vitesse des mouvements oculaires

Sujet	Passation	Moyenne des temps de réaction	Ecart- type	Moyenne des temps de mouvements	Ecart- type	Moyenne de l'amplitude	Ecart- type	Moyenne de la Vitesse	Ecart- type
1	1	180	51	36	16	10	5	277	86
	2	197	69	34	14	9	5	248	90
2	1	188	29	39	15	10	4	272	65
	2	184	40	39	14	10	4	247	66
3	1	175	34	46	18	11	4	234	51
	2	187	27	42	17	10	5	230	57
4	1	189	32	37	12	9	4	254	55
	2	142	42	16	12	3	2	211	138
5	1	159	29	38	14	10	4	267	124
	2	157	30	35	18	9	6	253	81

Tableau 40

Résultats obtenus par chacun des trois sujets
du groupe B.F.A.A. au sous-test II: amplitude
et vitesse des mouvements oculaires

Sujet	Passation	Moyenne des temps de réaction	Ecart- type	Moyenne des temps de mouvements	Ecart- type	Moyenne de l'amplitude	Ecart- type	Moyenne de la vitesse	Ecart- type
1	1	210	64	38	13	11	-	295.5	-
	2	207.5	74.5	36	14	10	-	276	-
2	1	185	64	35	18	8	5	213	78
	2	200	66	31	14	7	4	248	194
3	1	211	68	30	15	6	3	212	50
	2	198	48	38	16	10	4	282	63

Tableau 41

Résultats obtenus par chacun des quatre sujets du
groupe des secrétaires au sous-test II: amplitude
et vitesse des mouvements oculaires

Sujet	Passation	Moyenne des temps de réaction	Ecart- type	Moyenne des temps de mouvements	Ecart- type	Moyenne de l'amplitude	Ecart- type	Moyenne de la vitesse	Ecart- type
1	1	181	95	35	25	8	4	320	394
	2	224	57	37	17	10	5	262	82
2	1	151	37	36	15	9	5	247	89
	2	162	48	22	16	3	3	169	67
3	1	188	27	41	15	11	-	273	-
	2	208	33	32	13	9	5	250	136
4	1	191	45	34	13	9	5	277	81
	2	216	42	34	12	9	4	269	112

Tableau 42

Résultats obtenus par chacun des trois sujets du
groupe comptabilité au sous-test II: amplitude
et vitesse des mouvements oculaires

Sujet	Passation	Moyenne des temps de réaction	Ecart- type	Moyenne des temps de mouvements	Ecart- type	Moyenne de l'amplitude	Ecart- type	Moyenne de la vitesse	Ecart- type
1	1	155	42	28	16	6	5.31	227	84.15
	2	173	43	38	14	10	5.15	281	85.22
2	1	200	39	33	13	7	4	221	80
	2	188	72	25	16	6	6	209	98
3	1	212	69	44	14	11	4	269	79
	2	198	83	31	14	8	6	230	101

Tableau 43

Coefficients de corrélation calculés entre les stimuli
et les positions de l'oeil à la fin de la première
saccade et pourcentage des indices de précision
du geste oculaire pour chacun des cinq
sujets du groupe des opératrices

Sujet	Passation	Coefficient de corrélation	1 Arrêt sur la cible (%)	2 Arrêt avant la cible (%)	3 Arrêt après la cible (%)	4 Arrêt du mauvais côté (%)	5 Pas d'arrêt sur le temps de réaction (%)	6 Pas d'arrêt sur le temps de mouvement (%)
1	1	.46	47.5	27.5	0	25	0	0
	2	.81	67.5	22.5	0	7.5	2.5	0
2	1	.99	77.5	20	0	0	0	0
	2	.63	57.5	32.5	0	7.5	2.5	0
3	1	.87	70	25	0	5	0	0
	0	.78	40	45	7.5	5	2.5	0
4	1	.95	70	27.5	0	0	2.5	0
	2	.22	17.5	50	0	32.5	0	0
5	1	.88	75	20	0	2.5	2.5	0
	2	.79	72.5	17.5	2.5	7.5	0	0

Tableau 44

Coefficients de corrélation calculés entre les stimuli
et les positions de l'oeil à la fin de la première
saccade et pourcentage des indices de précision
du geste oculaire pour chacun des trois
sujets du groupe B.F.A.A.

Sujet	Passation	Coefficient de corrélation	1 Arrêt sur la cible (%)	2 Arrêt avant la cible (%)	3 Arrêt après la cible (%)	4 Arrêt du mauvais côté (%)	5 Pas d'arrêt sur le temps de réaction (%)	6 Pas d'arrêt sur le temps de mouvement (%)
1	1	.50	11.2	0.8	1.2	1.6	0.8	0.4
	2	.56	8.4	2.8	2	2	0.4	0.4
2	1	.73	45	32.5	0	22.5	0	0
	2	.70	35	47.5	2.5	15	0	0
3	1	.86	30	65	0	2.5	2.5	0
	2	.60	70	15	0	12.5	2.5	0

Tableau 45

Coefficients de corrélation calculés entre les stimuli
et les positions de l'oeil à la fin de la première
saccade et pourcentage des indices de précision
du geste oculaire pour chacun des quatre
sujets du groupe des secrétaires

Sujet	Passation	Coefficient de corrélation	1 Arrêt sur la cible (%)	2 Arrêt avant la cible (%)	3 Arrêt après la cible (%)	4 Arrêt du mauvais côté (%)	5 Pas d'arrêt sur le temps de réaction (%)	6 Pas d'arrêt sur le temps de mouvement (%)
1	1	.50	25	52.5	0	20	2.5	0
	2	.45	82.5	5	0	12.5	0	0
2	1	.63	50	32.5	5	10	2.5	0
	2	.58	12.5	80	0	2.5	5	0
3	1	.58	50	25	0	12.5	10	0
	2	.75	67.5	15	0	10	7.5	0
4	1	.87	72.5	17.5	2.5	7.5	0	0
	2	.93	55	32.5	12.5	0	0	0

Tableau 46

Coefficients de corrélation calculés entre les stimuli
et les positions de l'oeil à la fin de la première
saccade et pourcentage des indices de précision
du geste oculaire pour chacun des trois
sujets du groupe comptabilité

Sujet	Passation	Coefficient de corrélation	1 Arrêt sur la cible (%)	2 Arrêt avant la cible (%)	3 Arrêt après la cible (%)	4 Arrêt du mauvais côté (%)	5 Pas d'arrêt sur le temps de réaction (%)	6 Pas d'arrêt sur le temps de mouvement (%)
1	1	.73	57.5	30	0	12.5	0	0
	2	.49	65	10	10	15	0	0
2	1	.77	30	55	0	10	5	0
	2	.64	47.5	30	2.5	20	0	0
3	1	.19	52.5	5	12.5	30	0	0
	2	.25	35	22.5	7.5	35	0	0

Tableau 47

Résultats obtenus par chacun des cinq sujets du groupe des
opératrices au sous-test II: la poursuite visuelle
(vitesses moyennes de déplacement de
l'oeil en degrés par seconde)

Sujet	Passation	Vitesse moyenne au test I*	Ecart-type	Vitesse moyenne au test II*	Ecart-type	Vitesse moyenne au test III*	Ecart-type
1	1	17	29	20	26	33	30
	2	17	20	21	20	36	37
2	1	18	41	23	45	52	95
	2	18	23	22	24	37	35
3	1	19	30	25	45	39	49
	2	23	54	26	54	41	65
4	1	13	16	18	37	30	26
	2	10	10	12	11	16	14
5	1	16	22	19	18	31	20
	2	15	19	19	63	48	106

* Test I: vitesse constante du stimulus à 13°/s

* Test II: vitesse constante du stimulus à 19.5°/s

* Test III: vitesse constante du stimulus à 39°/s

Tableau 48

Résultats obtenus par chacun des trois sujets du groupe
B.F.A.A. au sous-test III: la poursuite visuelle
(vitesses moyennes de déplacement de
l'oeil en degrés par seconde)

Sujet	Passation	Vitesse moyenne au test I*	Ecart-type	Vitesse moyenne au test II*	Ecart-type	Vitesse moyenne au test III*	Ecart-type
1	1	66	37.07	68	47.8	69	61.55
	2	68	53.06	76	104.85	72	91.67
2	1	25	45.85	-	-	-	-
	2	26	56.37	27	55.4	-	-
3	1	17	23.02	22	25.64	37	45.77
	2	15	60.34	20	19.44	37	60.34

Les tests II et III de la poursuite visuelle n'ont pas fonctionné pour le deuxième sujet.

- * Test I: vitesse constante du stimulus à 13°/s
- * Test II: vitesse constante du stimulus à 19.5°/s
- * Test III: vitesse constante du stimulus à 39°/s

Tableau 49

Résultats obtenus par chacun des quatre sujets du groupe des
secrétaires au sous-test III: la poursuite visuelle
(vitesses moyennes de déplacement de
l'oeil en degrés par seconde)

Sujet	Passation	Vitesse moyenne au test I*	Ecart-type	Vitesse moyenne au test II*	Ecart-type	Vitesse moyenne au test III*	Ecart-type
1	1	19	36.66	21	37.49	31	36.59
	2	17	26.90	21	21.42	34	24.56
2	1	16	20.01	20	22.36	30	24.94
	2	12.7	14.12	16	16.71	28	20.84
3	1	17	23.75	20	24.74	33	35.12
	2	16	19.18	7.67	9.20	30	30.16
4	1	17	19.77	24	24.86	36	33.10
	2	10	22.25	23	30.16	-	-

Le test III de la poursuite visuelle n'a pas fonctionné à la seconde passation pour le 4e sujet.

* Test I: vitesse constante du stimulus à 13°/s

* Test II: vitesse constante du stimulus à 19.5°/s

* Test III: vitesse constante du stimulus à 39°/s

Tableau 50

Résultats obtenus par chacun des trois sujets du groupe
comptabilité au sous-test III: la poursuite visuelle
(vitesses moyennes de déplacement de
l'oeil en degrés par seconde)

Sujet	Passation	Vitesse moyenne au test I*	Ecart-type	vitesse moyenne au test II*	Ecart-type	Vitesse moyenne au test III*	Ecart-type
1	1	13	19.25	16	18.70	21	23.95
	2	13	23.35	15	15.35	22	28.56
2	1	20	39.07	-	-	-	-
	2	25	50.69	28	48.05	-	-
3	1	17	24.99	28	30.21	-	-
	2	-	-	-	-	-	-

Le test III de la poursuite visuelle n'a pas fonctionné pour le deuxième et le troisième sujet

* Test I: vitesse constante du stimulus à 13°/s

* Test II: vitesse constante du stimulus à 19.5°/s

* Test III: vitesse constante du stimulus à 39°/s

Tableau 51

Nombre de mouvements lents et de mouvements saccadés enregistrés pour chacun des cinq sujets du groupe des opératrices au premier test de la poursuite visuelle (vitesse constante du stimulus à 13°/s)

Sujet	Passation	% de saccades	Nombre de mouvements lents	Nombre de mouvements saccadés
1	1	4.4	4936	218
	2	2.8	7229	204
2	1	8.8	5302	468
	2	7.8	5535	432
3	1	11.7	5105	600
	2	27	3870	1049
4	1	1.9	4184	80
	2	1.3	3854	52
5	1	8	4859	389
	2	4.5	5078	232

Tableau 52

Nombre de mouvements lents et de mouvements
saccadés enregistrés par chacun des trois
sujets du groupe B.F.A.A. au premier
test de la poursuite visuelle
(vitesse constante du stimulus à 13°/s)

Sujet	Passation	% de saccades	Nombre de mouvements lents	Nombre de mouvements saccadés
1	1	6.5	5815	404
	2	1.03	5645	59
2	1	27	3616	1348
	2	23.5	3676	1135
3	1	31.5	1639	756
	2	62.8	818	1381

Tableau 53

Nombre de mouvements lents et de mouvements
saccadés enregistrés par chacun des quatre
sujets du groupe des secrétaires au premier
test de la poursuite visuelle
(vitesse constante du stimulus à $13^{\circ}/s$)

Sujet	Passation	% de saccades	Nombre de mouvements lents	Nombre de mouvements saccadés
1	1	10	4188	415
	2	7	6258	422
2	1	6	6158	396
	2	0.77	3993	31
3	1	12	4187	579
	2	6.3	6115	414
4	1	4	5798	226
	2	11	5274	578

Tableau 54

Nombre de mouvements lents et de mouvements
saccadés enregistrés par chacun des trois
sujets du groupe comptabilité au premier
test de la poursuite visuelle
(vitesse constante du stimulus à $13^{\circ}/s$)

Sujet	Passation	% de saccade	Nombre de mouvements lents	Nombre de mouvements saccadés
1	1	5.7	6969	424
	2	2.1	7068	157
2	1	12	4840	666
	2	16	4559	872
3	1	8.3	5277	477
	2	8.2	5491	492

Remerciements

L'auteur désire exprimer sa reconnaissance à son directeur de mémoire, Monsieur Michel Volle, Ph.D., pour son assistance constante et éclairée.

Références

- ALPERN, M., ARBOR, A. (1972). Eye movements. Handbook of sensory physiology, vol. VII, R. Jung (Ed.).
- BAHILL, R., STARK, L. (1979). The trajectories of saccadic eye movements. Scientific american, 240, 108-117.
- BRISSON, G.R., VOLLE, M.A., TANAKA, M., DESHARNAIS, M., DION, M. (1977). Blood lactates: A useful waste product? Canadian journal of applied sport sciences, 2, 222.
- BUGARD, P. (1974). Stress, fatigue et dépression. Paris: Doin.
- BUSER, P., IMBERT, M. (1975). Neuro-physiologie fonctionnelle. Paris: Hermann.
- CAZAMIAN, P. (1973). Leçons d'ergonomie industrielle, une approche globale. Paris: Cujas.
- DELL'OSSO, L.F., DAROFF, R.B. (1978). Eye movements characteristics and recording techniques, in J.S. Glaser (Ed.): Neuro-ophthalmology. Hagerstown: Harper and Row.
- ETTEMA, J.H., ZIELHUIS, R.L. (1971). Physiological parameters of mental load. Ergonomics, 14, 137-144.
- GRANDJEAN, E. (1968). Fatigue, its physiological and psychological significance. Ergonomics, 11, 427-436.
- KALSBECK, J.W.H. (1971). Standards of acceptable load in ATC tasks. Ergonomics, 14, 641-650.
- KOGI, K., SAITO, Y. (1971). Assessment criteria for mental fatigue, a factor-analytic study of phase discrimination in mental fatigue. Ergonomics, 14, 119-127.
- LEPLAT, J. (1978). Factors determining work-load. Ergonomics, 21, 143-149.
- MONOD, H., LILLE, F. (1976). L'évaluation de la charge de travail. Archives des maladies professionnelles de médecine du travail et de sécurité sociale, 36, 1-96.

- OHTANI, A. (1971). An analysis of eye movement during a visual task. Ergonomics, 14, 167-174.
- PETRESCU, L. (1974). La fatigue sensorielle, fatigue visuelle, in P. Bugard: Stress, fatigue et dépression (pp. 73-96). Paris: Doin.
- PICARD, F. (1978). Trahi par les yeux. Québec science, novembre, 48-50.
- RICHARD, J.F. (1980). L'attention. Paris: Presses Universitaires de France.
- SPERANDIO, J.C. (1980). La psychologie en ergonomie. Paris: Presses Universitaires de France.
- VOLLE, M.A., BRISSON, G.R., PERUSSE, M., TANAKA, M., DOYON, Y. (1978). Travail, fatigue et fréquence de fusion critique visuelle. Ergonomics, 21, 551-558.
- VOLLE, M.A., BRISSON, G.R., DION, M., TANAKA, M. (1980). Fréquence de fusion critique visuelle et mesure de fatigue: état de la question. Le travail humain, 43, 65-86.
- WELFORD, A.T. (1959). Evidence of a single channel decision mechanism limiting performance in a serial reaction test. Quarterly journal of experimental psychology, 11, 193.
- WELFORD, A.T. (1978). Mental work load as a function of demand, capacity, strategy and skill. Ergonomics, 21, 151-167.
- WILLIAMS, H.G., HELFRICH, J. (1977). Saccadic eye movement speed and motor response execution. The research quarterly, 48, 598-605.
- YOUNG, L.R. (1971). Pursuit eye tracking movements, in Back-y-Rita, P., Collins, C.C. (Ed.): The control of eye movements (pp. 429-441). New York: Academic press.